محاضرات

في تاريخ العلم وفلسفته

أ.د. أحمد فؤاد باشا

أستاذ الفيزياء

بكلية العلوم جامعة القاهرة

أ.د. رفعت حسن هلال

أستاذ الكيمياء

بكلية العلوم جامعة القاهرة

١٤٢٨هـ / ٢٠٠٧م



مقدمة

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف المرسلين سيدنا محمد النبي الأمي العربي الصادق الأمين، وعلى آله وصحبه والتابعين إلى يوم الدين.

وبعد ..

تشهد الفترة الحالية من عصرنا اهتمامًا كبيرًا بتاريخ العلم وفلسفته، خاصة فيما يتعلق بقضية التأصيل للعلوم المعاصرة، وبتحليل لغة العلم الموضوعية معرفيًا ومنهجيًا. وقد أوضحت الدراسات التربوية الحديثة أن معالجة هذا المجال الخصب من مجالات المعرفة تؤثر بصورة إيجابية في تنمية مهارات التفكير العلمي الفعال لدى الطلاب في مراحل التعليم المختلفة. ذلك لأن تاريخ العلم والتقنية جزء من التاريخ الإنساني العام الذي أسهمت في صنعه جميع الأمم على مر العصور، ومن ثم فإنه مشترك إنساني يحكي تاريخ الفكر الذي منحه الله – سبحانه وتعالى – للإنسان لكي يرتقي بعقله وتفكيره ويدرك أهمية المعرفة العلمية في صنع التقدم وفهم حقائق الأشياء. ومن يقرأ تاريخ أي علم من العلوم، بحيدة وموضوعية، بعيدًا عن مختلف ضروب الهوى والتحيز، يجد أنه وثيق الارتباط، في تقدمه أو تعثره، بمراحل ازدهار حضارات الإنسان أو تراجعها، منذ عصور الحضارات القديمة، ومرورًا بعصر الحضارة العربية الإسلامية، فعصر النهضة الأوروبية الحديثة، وصولاً إلى حضارة العلوم والتقنيات الدقيقة الحاكمة في عصرنا الحاضر. كما يجد أن فلسفة العلم معنيّة بتتبع نمو المشكلات والمفاهيم

العلمية وتطورها عبر تلك المرحل، ومهتّمة بدراسة ما قدمه العلماء من نظريات أو حلول لهذه المشكلات وفق منهج تحليلي مقارن يهدف إلى وضع الحقائق في نصابها بعد فحصها وتمحيصها.

من ناحية أخرى، ينبغي التأكيد على أن ارتباط العلم والتفكير العلمي بتنمية المجتمع يتطلب الفهم الواعي لطبيعة العلاقة الدينامية المتبادلة، أخذًا وعطاءً، بين العلوم الأساسية من جهة وبين العلوم التطبيقية والتقنية من جهة أخرى، كما يتطلب العمل على تحقيق التلاحم والانسجام بينهما حتى يؤتيا ثمارهما في تلبية احتياجات المجتمع.

والكتاب الذين بين أيدينا يضم مجموعة "محاضرات في تاريخ العلم وفلسفته"، ويشمل محتويات مقرر دراسي لفصل واحد، استحدثته كلية العلوم جامعة القاهرة بعد أن أخذت حديثًا بنظام الساعات المعتمدة وندعو إلى تعميمه ليكون متطلبا جامعيًا غير تقليدي على مستوى جميع الكليات، أسوة بما يتم في كثير من الجامعات الأجنبية والعربية المتقدمة.

ولا يفوتنا أن نتوجه بخالص الشكر والتقدير إلى إدارة كلية العلوم جامعة القاهرة ممثلة في عميدها أ.د. حمدي محمود حسانين الذي حرص على رعاية الفكرة والوصول بها إلى حيز التنفيذ.

هذا والله من وراء القصد، وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

المؤلفان

تحريرًا في : المحرم ١٤٢٨هـ / فبراير ٢٠٠٧م

فصل تمهيدي

مظاهر وأسباب الاهتمام العالمي بتاريخ وفلسفة العلم

هل تاريخ العلم مشترك إنساني حقا ؟!

يقول مؤرخ العلم المعاصر " جان دومبريه ": " إن التراث العلمـــي لا يـــزال مجال عمل ضخم لم يتم ". ويدعم صحة هذه المقولة ما تشهده حركة إحياء التـــراث العلمي منذ عدة عقود من نشاط منظم على مستوى العالم يهدف إلى إعـــادة نـــشر الأعمال الكاملة لكبار العلماء، على اعتبار أنه مسئولية دوليـــة تـــستوجب الرعايـــة والتعاون من جميع الدول، بما في ذلك الدول الغنية من العالم الثالث. فقد حـــدث أن لجأت الهيئات المسئولة عن نشر الأعمال الكاملة للعالم الـــشهير " برنـــوللي " إلـــى تدعيم جهودها عن طريق الاكتتاب العام، ويجرى حاليًا إعداد طبعة جديـــدة لهـــذه الأعمال من خلال التعاون بين أكثر من سبع دول. وسوف تـــصدر أجـــزاء هـــذه الطبعة تباعًا في نحو خمسة وأربعين مجلدًا.

كذلك أمكن إصدار مجموعة من الأعمال الكاملة لعالم الرياضيات المعـــروف " أويلر " عن طريق الاستعانة بإمكانيات ست دول، بالرغم من أن قاعـــدة العمـــل كانت تقع جغرافيًا في سويسرا.

وقد شرعت الولايات المتحدة الأمريكية حديثًا في تبني هذا المبـــدأ لإصـــدار

أعمال العديد من العلماء أمثال " جاليليو " في إيطاليا، و" نيـوتن " فـي إنجلتـرا، و" جاوس " في ألمانيا، و" ديكارت " و" لابلاس " ولاجرانج " في فرنسا، وغيـرهم. ولا ينبغي أن يدهش المرء لطول الوقت الذي يستغرقه إنجاز مثل هذه المشروعات، ناهيك عن ضخامة التكلفة، فقد استغرق إصدار أعمال عـالم الرياضـيات الـشهير " كوشي " أكثر من خمسين سنة.

ويواكب هذا الاهتمام العالمي بعملية إحياء التـراث العلمـي نـشاط مكثـف لمعالجة قضايا تاريخ العلم وفلسفته تتجلى مظاهره في إنشاء الأقـسام والمؤسـسات الأكاديمية المتخصصة في الكثير من جامعات العالم، وإصدار أكثر من مائة مجلـة دورية متخصصة في تاريخ العلم ككل، أو في موضوع محدد من موضـوعاته، أو في مرحلة زمنية معينة من مراحل تطوره عبر العصور. يضاف إلى ذلك ما يعقـد من مؤتمرات دولية في تاريخ فلسفة العلم بصورة دورية تقريبًا كل ثلاثة أو أربـع سنوات، منذ عام ١٩٢٩م، وقد بلغت حتى الآن اثنين وعشرين مؤتمرًا، عقد أحدها في القدس عام ١٩٥٣م، وكان آخرها في العاصمة الصينية بكين سنة ٢٠٠٤م.

ويوضح الجدول التالي قائمة المؤتمرات الدولية في تاريخ العلم وفلسفته، مـع ملاحظة غياب البلدان والعواصم العربية والإسلامية (فيما عدا القدس) مـن قائمـة الدول المضيفة للمؤاتمرات.

المؤتمرات الدولية في تاريخ العلم وفلسفته (*)

المؤتمر	المكان	تاريخ الانعقاد
١	باريس	٢٠ – ٢٥ مايو ١٩٢٩
٢	لندن	٣٠ يونيو – ٤ يوليو ١٩٣١
٣	البرتغال	٣٠ سبتمبر – ٦ أكتوبر ١٩٣٤
٤	براغ	٢٢ – ٢٧ سبتمبر ١٩٣٧
٥	لوزان	٣٠ سبتمبر – ٦ أكتوبر ١٩٤٧
٦	أمستردام	١٤ – ٢١ أغسطس ١٩٥٠
٧	القدس	١٤ – ٢١ أغسطس ١٩٥٣
٨	فلورنسا ميلان	٣ – ٩ سبتمبر ١٩٥٦
٩	برشلونة مدريد	١ – ٧ سبتمبر ١٩٥٩
١٠	إتياكا	٢٦ أغسطس – ٢ سبتمبر ١٩٦٢
١١	وارسو	٢٤ – ٣١ أغسطس ١٩٦٥
١٢	باريس	٢٥ –٣١ أغسطس ١٩٦٨
١٣	موسكو	١٨ – ٢٤ أغسطس ١٩٧١
١٤	طوكيو – كويتو	١٩ – ٢٧ أغسطس ١٩٧٤
١٥	أدنبره	١٠ – ١٩ أغسطس ١٩٧٧
١٦	بوخارست	٢٦ أغسطس – ٣ سبتمبر ١٩٨١
١٧	بركلي – كاليفورنيا	٣١ يوليو – ٨ أغسطس ١٩٨٥
١٨	هامبورج – ميونخ	١ – ٩ أغسطس ١٩٨٩
١٩	سرقسطة – أسبانيا	يوليو ١٩٩٣
٢٠	لييج – بلجيكا	يوليو ١٩٩٧
٢١	اسبرتادو – المكسيك	٨ – ١٤ يوليو ٢٠٠١
٢٢	بكين – الصين	يوليو ٢٠٠٤

(*) يلاحظ غياب البلدان العربية والإسلامية من قائمة الدول المضيفة للمؤتمرات ..!

ولا نجد في تعلقينا على هذا العرض الموجز لخريطة الاهتمام العالمي بقضايا التراث العلمي أفضل من كلمات " جان دومبريه " التي تقرر وجود فجوات واسعة في الأعمال التي تضمنتها هذه النشاطات، إذ " ليس للعلماء غير الغربيين أي وجود بها، كما أنهم لم يحظوا حتى بالإعلام بأي أسلوب شامل، وفضلاً عن ذلك فإن علماء الرياضيات والفلك يظهرون بصورة أبرز من التي يظهر بها الجيولوجيون وعلماء التاريخ الطبيعي عمومًا. وهذا يؤدي إلى الانحياز بصورة واضحة ومنفرة، فنحن اليوم لا نزال نعرف شارحي إقليدس، بدءًا من ثابت بن قرة إلى أديلارد الباثي، ومن جيرار الكريموني إلى عمر الخيام الذي لا يمكن إنكار أنه كان أيضًا مبدعًا وشاعرًا وعالمًا في الرياضيات ".

ونضيف من جانبنا أن هذا التحيز الواضح في الاهتمام العالمي بتراث العلماء الغربيين دون غيرهم يجب أن يقابله جهد مكثف من جانب أصحاب الحضارات المختلفة التي أسهمت في صنع التقدم العلمي والتقني عبر الأجيال، وخاصة أبناء الحضارة العربية الإسلامية التي ظل علماؤها الرواد لأكثر من ثمانية قرون طوال يشعون على العالم علومًا وفنونًا وآدابًا ومدنية راقية، ولا نعرف اليوم شيئًا عن أغلب مؤلفاتهم ومخطوطاتهم المفقودة، أو التي لا تزال بكرًا في مظانها المختلفة في أنحاء متفرقة من العالم، تنتظر من يتولى البحث عنها وإحياءها لتحظى من جموع الباحثين بدراسات تحليلية معاصرة، وليس هناك من شك في أن مثل هذه الدراسات التراثية للعلم الإنساني من شأنها أن توضح أهمية التحليل المنطقي لتاريخ العلوم وتقنياتها، فلا يمكن لأي باحث منصف مدقق إلا أن يضع النشاط العلمي والتقني في سياقه التاريخي العام، على اعتبار أن هذا النشاط عملية ممتدة ومتصلة خلال الزمان، ولن يوجد فهم واقعي للعلم بدون نقد متواصل له، فليس ثمة معرفة إنسانية لا تفقد طابعها العلمي متى نسى الناس الظروف التي نشأت في أحضانها، وأغفلوا

المسائل التي تولت الجواب عليها، وحادوا عن الهدف الذي وجدت أصلاً من أجله، ومن هنا يستحيل الفصل بين التراث العلمي ومراحله التاريخية، نظرًا لأهمية تاريخ العلم في صياغة فلسفة العلم ونظريته العامة، وإذا ما ران على العلم جهل بتاريخه، فإنه لا محالة مخفق في مهمته.

الاعتبار بدروس الماضي :

إذا كانت الخبرة الإنسانية تدعونا دائمًا إلى الاعتبار بدروس التاريخ، فإن تاريخ العلوم لا يدلنا فقط على المراحل الزمنية للتغيرات التي شهدها، ولكننا نتعلم منه أيضًا أن المشكلات والقضايا العلمية التي تواجهنا الآن ليست جديدة تمامًا، فالأساليب التي عولجت بها هذه القضايا في ظروف مغايرة عبر العصور لن تخلو أبدًا مما يمكن أن نفيد منه اليوم أو غدًا، ولذا فإن أية نظرية تطرح لنقد العلم قديمًا وحديثًا تكتسب أهميتها من المبررات المنطقية التي تقدمها كمسوغ لإعادة قراءة تاريخ العلوم في ضوء المرحلة التي يبلغها من تطوره على أساس ما يستجد دائمًا من أفكار تتعلق بالجوانب المختلفة لنظرية العلم والتقنية، بحيث تجعل من هذه القراءة المعاصرة أساسًا لتحليل الواقع واستشرافًا لآفاق المستقبل، ومن هنا نعثر على السبب الحقيقي وراء الاهتمام العالمي المتزايد بإعادة تحليل تاريخ العلم والتقنية برؤية موضوعية " قدر الإمكان " من خلال المؤسسات الأكاديمية والمجلات الدورية والترجمة والتأليف وإحياء تراث الأعلام في فروع العلم المختلفة.

ومن هنا أيضًا تظهر بجلاء أهمية إحياء التراث العلمي للحضارة العربية الإسلامية، والعودة ــ من خلال الدراسات التأصيلية ــ بالعلوم التخصصية المعاصرة إلى جذورها في المجتمع الذي كان شاهدًا على ميلادها، والتعرف على طبيعة الظروف التي سمحت للمفاهيم والأفكار الوليدة أن تنمو وتزدهر، وتصبح

بعد ذلك فرعًا في شجرة المعرفة، وروافد لا غنى عنها لتغذية الحضارة الإنسانية. ذلك لأن الحقائق العلمية ليست كلها على درجة متكافئة من الأهمية والدلالة عندما يتناولها المؤرخ بالتحليل والتفسير في أي عصر من العصور، كما أن قيمة العلماء ومكانتهم تتحدد بقيمة القوانين والنتائج العلمية التي يتوصلون إليها وبمدى أثرها في دفع مسيرة التقدم العلمي والحضاري.

حتى عندما نتناول القضية من منظور قومي فيما يتعلق بالتراث العربي، فإننا نجد ما يناظرها بشكل خاص في أوروبا، حيث يحظى تاريخ العلم الأوروبي اليوم باهتمام متعاظم من أجل تأصيل الثقافة العلمية الأوربية، وطبقًا لما جاء في تقرير عن ندوة " تاريخ العلوم والثقافة العلمية في أوروبا " التي عقدت في فلورنسا عام ١٩٩١م للبحث عن جهود إحياء التراث العلمي في أوروبا المعاصرة والمكانة التي يمكن أن يحتلها تاريخ العلم والتقنية في المجتمع الأوروبي المعاصر، جاء في هذا التقرير أن العلم والتقنية من أهم أسباب العزة القومية ومظاهرها في أن معًا، ولذا فإن تاريخهما يميل إلى اتخاذ شكل " الدفاع والمباهاة " فيما يتعلق بالمجتمع العلمي للبلد المعني، ومن سماتهما المثيرة في معظم البلدان الأوروبية ميلهما إلى النموّ في إطار قومي بالضرورة، على الرغم من العديد من اللقاءات والصلات الدولية القائمة بين الباحثين، ويتجلى الانحياز المقصود أو غير المقصود بوضوح عند مؤرخي بلد ما عند اختيارهم لموضوعات البحث، ومنها الحقب التاريخية، أو الانجازات التي تبين تفوق دولة ما على الأخرى. مثال ذلك : الثورة الصناعية (الصلب والبخار والمنسوجات) في انجلترا خلال القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر، وصناعة الحديد والصلب في السويد في القرن الثامن عشر، والميكانيكا والهيدروليكا في إيطاليا في عصر النهضة، وتقنيات التسليح والملاحة في أسبانيا خلال عصر الاكتشافات، وهلم جرا، والنتيجة الواضحة لهذه الظاهرة هي صورة

مشوهة لتطور العلم والتقنية في أوروبا، وهي تشبه منظرًا طبيعيًا لا تظهر فيه سوى قمم الجبال.

كذلك أشار هذا التقرير الهام إلى وجود قدر كبير من الغموض يحيط بموضوع " الأسلوب القومي في تاريخ العلم " وتعدد الرؤى حول مشاهير العلماء في ضوء التعددية الثقافية الأوروبية، واعتبرت الندوة هذا الموضوع جديرًا بالبحث المنهاجي.

وفي محاولة لإيضاح الأهمية البالغة لتاريخ العلم والتقنية في أوروبا المعاصرة وانتشار الفهم العميق للماضي والتقني يركز التقرير على النقاط التالية :

١- إن أول نقطة جديرة بالملاحظة حول تاريخ العلم والتقنية في أوروبا هي أن هذا التاريخ حيّ، وأنه تحت رعاية مجموعة كبيرة من الباحثين في مختلف الدول الأوروبية، لكن مستوى العمل المؤسساتي يكاد يكون غائبًا، حيث يتناثر الباحثون في جهات أكاديمية متعددة : كليات العلوم، وكليات التاريخ، وأقسام الفلسفة وما إليها .. واقترح البعض مناقشة تأسيس اتحاد أوروبي وإصدار دورية أوربية لتاريخ العلم والتقنية، بالإضافة إلى إجراء مشروعات مشتركة على أساس تعاوني مثل طبع الأعمال الكاملة لكبار العلماء.

٢- إذا كان العلم يوصف هذه الأيام بأنه " معرفة بلا ذاكرة "، وأنه يشق طريقه إلى الأمام دون التفاتة واحدة إلى الخلف، وذلك بسبب انغلاق الباحثين أنفسهم في حاضر شبه دائم واعتمادهم على مراجع لا يزيد عمرها عن بضع سنوات، فإن " فقدان الذاكرة المقنّن " هذا قد أسهم في وقت من الأوقات في زيادة فاعلية المشروع العلمي، إلا أنه أصبح الآن مضادًا للإنتاجية. والباحثون المحرمون من الثقافة التاريخية، والمنعزلون

عن الأسس التي تقوم عليها علومهم، يكونون أكثر عرضة لأن يـضلوا طريقهم ويضاعفوا أخطاءهم، وكما اتضح جليًا من رواية " ذاكرة الماء " التي أشرنا إليها، فإن أولئك الباحثين قد يظلــون دائــرين فـــي حلقـــات مفرغة، أي في مسارات سبق اكتشافها من قبل، واتضح أنها تفضي إلى نهايات مسدودة .. وبعض الاكتشافات التي تقدم اليوم على أنها إنجازات ثورية وإبداعية غير مسبوقة، قد لا تكون في الحقيقة سوى إعادة تشكيل لبعض الأفكار التي أهملت وغمرها النسيان لسنين عديدة.

٣- توقع المشاركون في هذه الندوة المعنية بالتأصيل الأوروبي للعلم، والتـــي اقتصرت المناقشات فيها على معالجة الموضوع فـــي ســياق أوروبـــي محض، توقعوا لمبحث تاريخ العلم والتقنية أن يؤدي دورًا كبيـــرًا فـــي المستقبل، وأن يحتل مكانة بارزة في مجال التعليم، مع دور جوهري في ميادين التدريب الأولى، وأثناء فترة الخدمة. ويعني هذا بوضوح تدريب الباحثين في المقام الأول، وهو ينطبق أيضًا على المهندســين وطـــلاب العلوم الإنسانية والآداب، مما يتيح لهم مقدمة ميسرة لفهم حركـــة العلـــم والتقنية واستيعاب ما فيها من طرق ومشكلات.

٤- كذلك يوجد طوائف أخرى كثيرة من العاملين الذين يهمهم هـــذا الأمـــر، مثل صانعي القرار السياسيين ومستشاريهم، والمتخصصين في دراســـة السياسات العلمية، ورجال الاقتصاد ومحللي الابتكارات الـــذين يـــسعون إلى الحصول على معلومات وأدوات تمكنهم مـــن مواجهـــة المـــشكلات المعاصرة. بل إن أعضاء هذه الندوة يرون أهمية قصوى لتاريخ العلـــوم وتقنياتها بالنسبة لجميع فئات المجتمع في الريـــف والحـــضر، باعتبـــاره يمثل الحد الأدنى من المعرفة بعلم التاريخ وفلـــسفته العامـــة، بجوانبهـــا

الاجتماعية والسياسية والعلمية، مـن أجـل ممارسـة صـحيحة لحـق التصويت!!

والآن، تُرى هل يمكن أن نجد شيئًا يخصُّنا ـ نحـن أبنـاء الأمـة العربيـة الإسلامية ـ فيما ذكرناه عن مظاهر وأسباب الاهتمام الدولي والأوربـي بقـضايا التراث العلمي ؟! ذلك الاهتمام الذي أخذ في الازدياد بصورة تلفت النظـر خـلال النصف الثاني من القرن العشرين، خاصة بعد أن أظهرت الدراسات المتعلقة بتاريخ العلم وفلسفته أن الباحث الجيد هو الذي يكون على دراية تامة بأحدث مـا توصـل إليه زملاؤه في مجال تخصصه، وأن يكون في الوقت نفـسه ملمًـا إلمامًـا كافيًـا بأصول المفاهيم العلمية المتصلة بموضوع بحثه، وذلك من خلال متابعتـه الدقيقـة لطبيعة نموها عبر مراحل تطورها، وهذا يعني أن الجمع بين الأصالة والمعاصـرة في العلوم الطبيعية يعتبر من أهم سمات الباحث المتميز الذي يكون بلا شـك أقـدر من غيره على ممارسة البحث العلمي برؤية أعم ومنج أصوب وذوق أرقى.

القسم الأول

قضايا ومفاهيم أساسية

٣

الظاهرة العلمية ومجالات البحث فيها

(أ) نظرية المعرفة :

المعرفة هي مجموعة الخبرات التي حصل عليها الإنسان عن عالمه الداخلي والخارجي، وكون منها ثقافته التي تفرعت عنها أغصان الحضارة على مراحل تاريخية متعاقبة. وبتعبير الفلاسفة، هي علاقة تنمو بالتأثير المتبادل بين الذات والموضوع، حيث وضع الإنسان نفسه منذ خلقه الله ــ تعالى ــ على هذه الأرض في مقابل الطبيعة، فأصبح هو الذات وهي الموضوع. وأخذ يسعى إلى معرفة العالم الذي يعيش فيه معرفة حقيقية تمكنه من السيطرة على الظروف الطبيعية والاجتماعية التي يتعامل معها، وتوفر له الحصول على مقومات حياته، والأمان مما يهددها من أخطار، وتؤكد له ميزته على الكائنات الأخرى بالقدرة على تحصيل المعرفة واستغلالها لخدمة أغراضه ومصالحه.

وما لبثت هذه المعرفة أن أصبحت غرضًا في ذاتها، وأضحت حاجة عقلية مُلحّة تدفع الإنسان دفعًا إلى التماس الحقيقة في كل مظهر من مظاهر الوجود. وتحول هذا الشعور لدى صفوة المفكرين إلى عاطفة حب قوية تعدل الحياة نفسها وقد تفضلها. وكانت نشأة الفلسفة إحدى صور هذا الحب الغامر للحكمة وكشف العلل البعيدة لظواهر الواقع. ولما كثرت لدى الإنسان معلومات ومعارف عن موضوعات متنوعة، استقل كل موضوع بمجاله تدريجيًا، متخذًا لنفسه صورة العلم، ونشأت مختلف العلوم الطبيعية والإنسانية مثل الفيزياء والكيمياء والرياضيات

والفلك وعلوم الأرض والحياة والنفس والتاريخ والاجتماع والقانون والاقتصاد وغيرها.

ومع اتساع مجالات المعرفة البشرية في عصرنا الحاضر، شهدت هذه العلوم تطورًا كبيرًا، وتشعبت مجالات اهتمامها وتطبيقها بحيث أصبح كل منها يتألف من فروع عديدة يعتبر كل منها علمًا قائمًا بذاته، وتدخلت كل هذه العلوم في بناء نسيج الحياة المعاصرة بكل ما فيه من تعقيد وتركيب وتشابك، فلا يوجد مجال من مجالات النشاط الإنساني إلا ويحاول العلم تبسيطه وتحسينه والإسراع بإيقاع حركته. ويردد الباحثون أن ما حصلته البشرية من معارف وتطور علمي وتقني خلال العقد الماضي فقط يفوق ما أحرزته في تاريخها المعروف كله أضعافًا مضاعفة. لهذا فإن مشكلة المعرفة تعتبر من أهم الدراسات التي شغل الإنسان ببحثها وتحليل عناصرها، وخصص الفلاسفة لذلك مبحثًا خاصًا يعرف باسم " نظرية المعرفة " أو " الإبستمولوجيا ".

وأهمية هذا المبحث الخطير، في حقيقة الأمر، ليست وقفًا على علم معين دون آخر، ولا على فئة معينة من العلماء والمثقفين دون أخرى، ولا على بلد معين من بلاد العالم دون آخر، ولكنها ضرورة علمية وتربوية يتطلبها عصر التفجر المعرفي الذي نعيشه. ذلك لأن البحث في نظرية المعرفة يتعرض في أحد مجالاته لتحليل المقولات التي تفرض كافة العلوم صحتها وتستخدمها من غير أن تعرض لدراستها ومعرفة صوابها أو خطئها. وهو أيضًا يساعد على تكوين النظرة الكلية الشاملة للموجودات، ويسهم في بلورة مفهوم الثقافة وتحديد معاييرها وكيفية الاستفادة منها. فلا يكفي أن يكون الفرد مثقفًا، ولكن المهم هو ممارسة المثقف لدوره في المجتمع بقدر ما استوعب من فهم لحركة التاريخ ودراية بتفكير العالم الأوسع، وبقدر جهده لإثراء الحياة في صورتها الحاضرة.

وعن أثر نظرية المعرفة في التربية العلمية الحديثة كتب ألبرت أينشتين يقول: " أستطيع أن أؤكد وأنا على يقين أن أنبه الطلاب الذين قمت بالتدريس لهم كانوا يهتمون اهتمامًا عميقًا بنظرية المعرفة. وأعني بأنبه الطلاب أولئك الذين كانوا يتمتعون بقدرة فائقة على الاستقلال بالرأي إلى جانب بلوغهم درجة ممتازة من المهارة، خصوصًا عندما تثار مناقشات حول بديهيات العلم ومنهجه، ويبرهنون على حججهم ويدافعون عنها بإصرار، وكأن لهذا الأمر أهمية بالنسبة لهم ".

ولا نريد هنا أن نشغل القارئ بتاريخ التفكير في نظرية المعرفة، لأن مشكلاتها فنية متخصصة وتحتاج إلى مصطلح خاص وأساس معين من المعارف، والفيلسوف المحترف هو وحده الذي يستطيع الدخول إلى أعماق هذه المشكلات، أو هو وحده الذي يستطيع، بعد دخوله، أن يخرج دون أن تبدو عليه آثار العناء الذي ألم به. لهذا فإننا سنتناول نظرية المعرفة في هذا الفصل بتحديد مجالها كما يراه جمهرة الباحثين، وتوضيح علاقتها بوسائل البحث العلمي ومناهجه في مجال العلوم الطبيعية.

لقد نشأت نظرية المعرفة أو الإبستمولوجيا لتبحث في طبيعة وحدود المعرفة التي يسعى الإنسان لتحصيلها، فتعرض للبحث في إمكان العلم بالوجود وتواجه مشكلة الشك في الحقيقة أو الاطمئنان إلى صدق إدراكها، وتميّز بين المعرفة الأولية التي تسبق التجربة والمعرفة التي تجئ اكتسابًا، وتدرس شروط الأحكام الممكنة لوصف حدود المعرفة بين الاحتمال واليقين. كما تبحث نظرية المعرفة في منابع المعرفة وقيمتها، وحقيقة العلاقة بين المدركات والقوى التي تدركها. وتعتبر نظرية المعرفة أحد المباحث الرئيسية في علم الفلسفة حسب الاتجاه التقليدي الشائع في فهمها، ومن ثم فهي أيضًا تخدم علمي الأنطولوجيا والأكسيولوجيا.

أما الأنطولوجيا، أو مبحث الوجود، فيشمل النظر في طبيعة الوجود على الإطلاق مجردًا من كل تحديد، أي الوجود اللامادي أو ما وراء الطبيعة (الميتافيزيقا). وأما الأكسيولوجيا أو مبحث القيم، فيعرض للبحث في المثل العليا أو القيم المطلقة، وهي قيم الحق والخير والجمال، من حيث ذاتها باعتبارها وسائل إلى تحقيق غايات، وبالمقاييس المحددة لفهمها في العلوم المعيارية وهي علم المنطق وعلم الأخلاق وعلم الجمال بمعناها التقليدي.

وقد وضعت في هذه المباحث عشرات المذاهب المادية والروحية المتنازعة فيما بينها على قيود المعرفة وحدود اليقين في الوصول إلى الحقيقة. فعلى سبيل المثال لا الحصر، تنكر الفلسفات الواقعية اعتبار العقل أداة لمعرفة الحقيقة، ويرفض أصحاب الوجودية قدرة العقل على إدراك التجربة الإنسانية الحية والإلمام بعلاقة الإنسان بالكون، ويوحد أصحاب الفلسفة العلمية البرجماتية بين معنى الفكرة وآثارها العملية في حياة الإنسان. ويعتقد أصحاب النزعة العلمية المتطرفة أن الحقائق لا تكون إلا في العلم الطبيعي وحده، ومن هؤلاء أصحاب الفلسفة التحليلية وأصحاب الفلسفات النسبية الذين استبعدوا الميتافيزيقا، وكل أفكار قبلية، من نطاق البحث بحجة أنها عقيمة غير نافعة من جهة، وأنها تمثل مرحلة سابقة على التفكير التجريبي الناضج من جهة أخرى.

ومن بين فرقهم أيضًا أنصار التجريبية المنطقية أو الوضعية المنطقية الذين يتركون للعلم مهمة تفسير الكون بأسرها على أن تؤسس نظرية المعرفة على تحليل نتائج العلم فقط.

وأصبح ما يسمى " بالفلسفة العلمية " وصفًا عامًا تولع بإطلاقه بعض الفلسفات على مذاهبها في عصرنا الحديث الذي أصبح العلم فيه فارس الحلبة. والمعرفة العلمية لا تكون ذات معنى إلا إذا كانت قابلة للتحقق من صدقها كما في

قضايا المنطق والرياضيات والعلوم التجريبية أو العلوم الوقائعية التي تـضم علـوم الطبيعة والإنسان.

ومهما يكن من أمر تعدد هذه الفلسفات وموضوعاتها ومناهجهـا ومقـدرتها على استيعاب كل جوانب المعرفة البشرية، فلا ينبغي أن يُفهم أن الحقيقـة موزعـة على المشاع بين مختلف المذاهب، أو أن أحدها على الأقل هو المذهب الـصحيح، لأن الحكم على هذه المذاهب ليس من نسيج الحكم على القضايا العلمية التي تقبـل الحسم في صدقها أو كذبها، فهي تصوغ آراءها في " افتراضات " واسعة قد تصدر عن التأمل أو التحليل أو الحدس أو الاستدلال، وتتأسس على التجريـد والـشمول، انطلاقًا من العلاقة الخاصة بين الذات والموضوع. ولما كان إمكان المعرفة يعنـي ما نستطيعه بأدواتنا الحسية والعقلية من تحصيل الخبرات الضرورية الكافية للإلمام بالحقيقة الكلية، فإنه كان طبيعيًا أن تختلف نزعات الفلاسفة بدرجات متفاوتة تجـاه هذه الحقيقة بين نزعة يقينية (دوجماطيقية) تؤكد قدرة الإنسان على إدراك الحقيقـة الكاملة، ونزعة شكية ترى استحالة تحصيل المعرفة اليقينية، ونزعة نقديـة تأخـذ موقفًا وسطا وترى أنه بإمكان الإنسان أن يصل إلى المعرفة المتناسبة مـع قدراتـه الحسية والعقلية. كذلك كان طبيعيًا أن يختلف الفلاسفة أيضًا بدرجات متفاوتة تجـاه أدوات المعرفة الإنسانية ومصادرها بين : " عقليين " ارتأوا أن العقل هو المـصدر الأول للمعرفة، و" حسيين " أو " تجريبيين " قالوا أن التجربة الحسية هي المـصدر الأول الحقيقي للمعرفة، وأصحاب النزعة النقدية، لا من حيث نقد الفكـر أو الـشك فيه وإنما من حيث اختبار قدرات الإنسان على المعرفة، وهم يؤمنون بالحاجة إلـى العقل والحس والحدس مجتمعين كمصادر للمعرفة. وهناك من يضيف اتجاهًا رابعًا ذا نزعة اجتماعية تؤلف بين المذهب التجريبي والمذهب العقلي في وحدة ديناميكية وتردّ الأفكار والمعاني إلى الحياة الاجتماعية.

ومن المنطقي، بعد ما رأيناه من خلاف بين المذاهب الفلسفية حول إمكانية المعرفة ومصادرها، أن لا ننتظر رأيًا واحدًا حول طبيعة المعرفة وحقيقتها، إذ كان هذا أيضًا مثارًا للخلاف بين عدة مذاهب تنطوي تحت اتجاهين رئيسيين هما : المثالية والواقعية. أما المثالية فتتصور الأشياء مرهونة بالقوى التي تدركها، بمعنى أن الموجودات المحسوسة مجرد أفكار في عقولنا، ومن ثم فإنه لا يوجد إلا الفكر نفسه. وأما الواقعية فترى أن للأشياء وجودًا عينيًا مستقلاً عن الذات العارفة، ومن ثم تعتبر المعرفة صورة مطابقة لحقائق الأشياء في العالم الخارجي.

إلى هذا الحد من تصور الحقيقة وصل البحث في نظرية المعرفة، ولا يزال الباحثون في الفلسفة على خلاف حتى بصدد نشأتها وتعريفها وتحديد موضوعها وغايتها ومنهج البحث فيها. فلو نظرنا اليوم إلى وضع الإنسان لما استطعنا أن نزعم ــ رغم التقدم الهائل في العلوم والتقنية ــ أن حياته أكثر معقولية مما كانت عليه في أثينا، أو أن العقل والواقع قد تصالحا، أو أن استقلال الإنسان مكفول في المجتمعات المعاصرة، أو أنه أصبح أكثر إنسانية وسعادة وحرية ومعرفة بنفسه وبالآخرين وبالعالم.

(ب) خصائص العلم والتفكير العلمي :

العلم غير المعرفة، فلغويًا يتعدى العلم إلى مفعولين، بينما تتعدى المعرفة إلى مفعول واحد. والعلم نقيضه الجهل والمعرفة نقيضها الإنكار، ويقال علم الله والله عالم ولا يقال عرف الله أو الله عارف. كما يقال عرفت الله ولا يقال علمت الله. والله سبحانه وتعالى عالم وعليم، والدليل على ذلك أن الأفعال المحكمة قد صحت منه ابتداء، والأفعال المحكمة لا تصح إلا من عالم، والدليل على أن الأفعال المحكمة قد صحت منه ابتداء أنه أوجد الكون على أعلى درجة من الترتيب والنظام والكمال والجمال.

وكلمة " العلم " تطلق مجازًا على ما يجب أن يسمى " بالمعرفـة العلميـة "، ويقصد منها في معناها العام أنها لفظ كلي لا يدل على موضوع معين أو علم محدد بالذات بقدر ما يعني عدة خصائص أو صفات مشتركة في كل نشاط عقلي إنـساني حين ينصرف بشكل منظم إلى محاولة تفسير وفهم موضوعات معينة، تمامًـا كمـا تعني كلمة " إنسان " عدة خصائص أو صفات تنطبق على بني الإنسان.

والمعرفة العلمية تتميز بأنها نشاط مقصود يهدف الباحث مـن ورائـه إلـى دراسة ظواهر معينة يعكف عليها ويتناولها بالملاحظة الدقيقة وبالتحليل، مـستخدمًا في ذلك منهجًا يتفق وطبيعة موضوع البحث، بغرض التوصل إلى قـوانين عامـة تفسر اطراد الظواهر المعنية.

وهناك وجهات نظر متعددة لتعريف " المعرفة العلمية " لكن تقديم التعريـف الجامع المانع ــ كما يقول المناطقة ــ أمر متعذر، بل ومضلل في بعض الأحيـان، لذلك فإن خير تعريف للمعرفة العلمية هو تحديد خصائصها التي يمكن أن تتـوافر في مختلف فروع النشاط العلمي للإنسان، بحيث نستطيع القول أنه إذا ما تـوافرت هذه الخصائص في أية معرفة أو أي تفكير كان لدينا ما نسميه بـالعلم أو التفكيـر العلمي. وسوف نوجز أهم هذه الخصائص.

١ - دقة الصياغة للمفاهيم العلمية والتعبير عن النتائج بكمياتها لا بكيفياتهـا بقدر الإمكان، وصولاً إلى التعميم الـذي يـضم الأشـياء والحـالات والجزئيـات المتشابهة في قانون واحد.

أما بالنسبة لدقة صياغة المفاهيم العلمية فهي الأساس في بناء المعرفة العلمية لأي علم من العلوم، وعليها يتوقف فهم العلاقة الناشئة بين اللفظ ومعناه بعيدًا عـن أي لبس أو غموض. فإن معنى اللفظ المستخدم في تعريف المسميات والمصطلحات يتحدد بما يثيره في الذهن عند سماعه من أفكار وتصورات ومشاعر، ووفقًا للسياق

المعين الذي يرد فيه كجزء من عبارة أو جملة مفيدة في نظرية أو قانون. وفي لغة المعرفة العلمية نحتاج إلى صياغة دقيقة تكتسب فيها الألفاظ معانيها بما تشير إليه من أشياء في عالم الواقع.

ولقد تحددت معاني جميع الألفاظ اللغوية من خلال اتفاق الناس وتعارفهم على استخدام اللفظ المعين بالمعنى المعين. فمنذ بدأ الإنسان معيشته على الأرض وهو يحاول أن ينمي معارفه ويصفها باللغة التي علمها له الله، ومع تطور تفكيره العلمي ازدادت كمية الألفاظ اللازمة للدلالة على الحادثات والمنجزات الجديدة التي يتم الكشف عنها من خلال تقدم المجتمع وتطوره المتواصلين. وأهمية هذه القضية تبرز بشكل خاص عند ترجمة المصطلحات العلمية من لغة إلى أخرى. فإذا كانت ألفاظ اللغة تفهم في حقيقتها على أنها رموز يتفق الناس على معناها من خلال تعارفهم على استخدامها لتعبر عن أشياء بعينها، فإن هذه الألفاظ يجب أن تحافظ على دلالاتها عندما تنقل إلى اللغات الأخرى في مجتمعات اتفقت جميعها على نفس المعنى.

فعلى سبيل المثال، عندما أراد علماء الإغريق أن يختاروا كلمة تؤدي معنى الشيء الذي لا يقبل الانقسام في أصغر جزء من المادة وجدوا كلمة " آتوم " Atom التي تعني في لغتهم " غير المنقسم " أو " غير القابل للانقسام ". واحتفظت اللغات الأجنبية الأخرى بنفس الكلمة لتؤدي نفس المعنى المقصود منها. أما في اللغة العربية فقد دخلت هذه الكلمة بمعناها الفيزيائي الكيميائي الاصطلاحي الحديث في وقت متأخر، وعلى سبيل ترجمة غير حرفية ولا دقيقة، وإن شاعت وأصبحت مقبولة باتفاق الناس عليها، وهي كلمة " ذرة ". وهذا في الواقع فهم خاطئ لمعاني الألفاظ المباشرة ولمعانيها البيانية المقصودة منها. فأبرز معنى للفظ " الذرة " في اللغة العربية هو الهباءة، ومعناها البياني المقصود هو التصغير والتهوين والتقليل.

فاتفاق الناس يجب ألا يَجُبّ دور العقل وتاريخ العلوم وتحليل الألفــاظ عنــد اختيارها لتعريف مصطلح جديد أو للتعبير عن حقيقة وجوهر الأشياء والمــسميات في الواقع.

إن التعريف العلمي يكتسب دقته من مدى تعبيره عن الحقيقة العلميــة، إمــا بوصفها تطابقًا للواقع الموضوعي، وذلك بإطلاق لفظ الواقع على الأمور التي يمكن التحقق منها على نحو يقره الجميع، أو تطابقًا لقضايا ذهنية ليس لها مــسميات فــي عالم الواقع، مثل بعض قضايا علم الرياضيات للأشياء كما هي في ذاتهــا، إذ مــن الممكن تشييد نسق كامل للتفكير الرياضي.

وأما بالنسبة للتعبير عن الكميات العلمية بمقاديرها، فإن هذا مما يميــز لغــة المعرفة العلمية عن اللغة الوصفية (أو الكيفية) التي نستخدمها في حياتنــا اليوميــة، ويساعد على الربط بين ما يبدو متناثرًا ومختلفًا في قانون واحد. فالتعبير عن اللون مثلاً في لغة المعرفة العلمية هو تحديد طول الموجة الضوئية وموضعها في الطيف الكهرومغناطيسي الذي يضم جميع الموجات المشتركة في عدد من خصائصها، مثل موجات الراديو والتليفزيون وموجات الأشعة السينية وأشعة جاما وغيرها.

ويقاس تقدم أي علم من العلوم بمقدار دقة صــياغة المفــاهيم الــواردة فيــه والتعبير عنها بمقادير كمية. وهذا يتضح من المقارنة مثلاً بــين العلــوم الطبيعيــة كالفيزياء والكيمياء وغيرها، وبين العلوم الإنسانية كالاجتماع والتــاريخ وغيرهــا. فالعلوم الطبيعية وصلت إلى مرحلة استخدام صيغ رياضية دقيقة تعبر عن النتــائج التي تصل إليها في معظم فروعها، بينما معظم العلوم الإنسانية لا تــزال تــستخدم مفاهيم تفتقر إلى التعبير الكمي الدقيق من قبيل " طبقة " و" مجتمــع " و" جماعــة " وغيرها. وقد حدا هذا ببعض العلوم الإنسانية إلى التشبه بــالعلوم التجريبيــة فــي اصطناع مناهج للبحث، واستُخدم المنهج الإحصائي لتحويل الكيــف إلــى كــمّ، أو

التعبير عن الظواهر بأعداد والمقارنة بينها لإمكان معرفة أكثر الظواهر تأثيرا، مثل ما يتبع في طرق البحث الاجتماعي على سبيل المثال. لكن النتائج الإحصائية في مثل هذه الحالات لا تعد نهائية ويختلف تفسيرها من باحث إلى آخر، بعكس النتائج العلمية لظواهر العلوم الطبيعية. من أجل هذا كانت الموازين والأجهزة الدقيقة من أهم أدوات المعرفة العلمية.

وأما عن خاصية التعميم في المعرفة العلمية فهي تعني أن نفيد من النتائج التي نتوصل إليها من بحث حالات جزئية متناثرة في استخلاص القانون العام الذي ينطبق على خاصية أو خصائص مشتركة بين هذه الحالات، فعندما يقول الكيميائيون أو الفيزيائيون أن الذرة تتكون من الكترونات وبروتونات ونيوترونات وغيرها، فإن هذا يكون تعميمًا ينطبق على جميع ذرات العناصر وحين يقول الرياضيون أن مجموع زوايا المثلث تساوي قائمتين فإن هذا ينطبق على جميع أنوع المثلثات.

والواقع أن الوصول إلى التعميم أو القانون يعتبر مرحلة متقدمة في المعرفة العلمية تؤدي إلى إدراك صورتها المميزة لها في أحد موضوعاتها عن سواها. ومنذ بدأ الإنسان يفكر وهو يحاول أن يرسم صورة عن بيئته والكون المحيط به، يجمع داخلها الأشياء والمواقف والعلاقات المتناثرة. وخلال محاولاته المتعددة لتفهم معاني الأشياء وإدراك العلاقات بينها كان يكتشف أوجه التشابه والاختلاف بين الأشياء التي يتعامل معها والمواقف التي يمر بها، ومن ثم يبدأ في عملية التصنيف التي تمكنه من تقسيم الأشياء والمواقف إلى مجموعات على أساس الصفات المشتركة بينها، وبالتالي تجعله أكثر قدرة على تلخيص العالم المحيط به وتعميم ما يستفيده من الخبرات الجزئية التي يمر بها على المواقف والخصائص المتشابهة. وهكذا انتقل الإنسان من مرحلة التعامل مع المواقف الحسية المباشرة إلى التعامل مع

التعميمات والمجردات. وبازدياد تعرف الإنسان على الحقائق، وازدياد قدرته على التعميم والتجريد، تتطور مفاهيمه وتنمو. ولهذا أصبح البحث في مجالات العلوم المختلفة يهتم بصفة رئيسية بالانتقال من الحقائق الجزئية إلى التعميم عن طريق إدراك الخصائص والعلاقات المشتركة بين هذه الحقائق.

وإذا ضربنا المثل على ذلك بفكرة العدد في الرياضيات، نجد أنه عندما كانت الأشياء التي يملكها الإنسان أو يحصل عليها في المرة الواحدة قليلة، كان يحصيها بالحصى، مكتفيا في أول الأمر بالخمسة ثم بالسبعة ثم بالعشرة.. إلى آخره. لهذا ارتبطت فكرة العدد في بدايتها بعملية العدّ المتعلقة أساسا بالمعدود وهو محسوس، وبعد أن قطع العقل البشري شوطا طويلاً استطاع أن ينتقل بالأعداد من المحسوسات إلى المجردات التي يستطيع العقل أن يكون عنها أفكارا بدون أن يكون لها معدود تنطبق عليه، مثل الصفر الذي لم تظهر فكرته إلا في مرحلة متأخرة عن الأعداد المعروفة، ومثل الأعداد السالبة والأعداد التخيلية وغيرها.

وعن طريق مثل هذا الربط بين الحقائق المتناثرة في مجال معين، أصبح لكل علم هيكله المستقل الذي يبدأ من مجموعة كبيرة من الحقائق والمعارف التي يمكن تصنيفها وفقا للعوامل المشتركة بينها ليضم كل مجموعة منها مفهوم واحد، وعن طريق إدراك العلاقات بين هذه المفاهيم تنشأ المبادئ والقوانين والنظريات، ويرى خبراء التربية أهمية خاصة لنمو المفاهيم العلمية وتعميمها في نقل نتائج الخبرات الإنسانية إلى الأجيال التالية حتى لا يبدأوا حياتهم من نقطة الصفر، لأن المفاهيم تشكل جزءا من لغة العلوم ولا يمكن الاستغناء عنه.

٢ – المنهجية : بمعنى استخدام منهج علمي يتفق وطبيعة البحث في موضوع معين أو عدة موضوعات منتظمة في سياق ما بهدف الوصول إلى معرفة علمية جديدة يستفيد منها الإنسان لخدمة أغراضه وطموحاته، وهذه الخاصية من

خصائص التفكير العلمي والبحث في العلوم هي أساس تقدم المعرفة العلميــة فــي مراحل تاريخها. ذلك أن المنهج العلمي طوال ذلك التاريخ كان يتغير كلما تغيــرت طبيعة الموضوع الذي شغل به العلماء في عصرهم الخاص. فالإنسان في عــصر ما، حين يصب فكره العلمي على موضوع معين فإنه لا يلم إلا برقعة ضــيقة مــن مساحة المعرفة العلمية اللامتناهية، هي رقعة الموضوع المعين الذي اختاره لبحثه، لأنه لا يستوعب في لحظة واحدة كل ما يمكن أن يكون ذا صلة بعيــدة بموضــوع بحثه. ومن هنا تكون نتائجه العلمية عُرضة للقصور عندما تــأتي الأيــام المقبلــة بمشكلات تمس ذلك الموضوع الذي كان العلماء قد فرغوا منــه فــي عــصرهم، وعندئذ لا يسع أبناء الزمن الجديد إلا أن يعيدوا النظر بحثًا عن نتيجة علمية أوســع نطاقًا في تطبيقها من النتيجة السابقة، بحيث تشمل النتيجة الجديدة ما كانت ســابقتها قد شملته أو تنسخه أو تعدّل فيه حتى تشمل كذلك الجوانب الأخرى التي اســتحدثت مع مر الزمن في ظل ظروف معرفية أفضل وأدوات قياسية أكفأ. فأرســطو أيــام اليونان القديمة، حين تحدث عن حركة الأجسام ــ مثلاً ــ لم يكن قد شمل بنظرتــه تلك الجوانب التي شملتها نظرة ابن سينا وابن الهيــثم وابــن المرزبــان لحركــة الأجسام، وأيضًا لم تكن نظرة هؤلاء ــ بدورهم ــ قد شملت ما جاءت بــه نظــرة جاليليو ثم نظرة علماء العصر الحاضر لتشمله من قوانين الحركة وخصائصها. فقد أضاف عصرنا إلى أسلافه النظر في حركة الكهارب داخل الذرة الواحدة والنظــر في حركة الصواريخ ومركبات الفضاء. وهكذا كان أرسطو مصيبًا، ولكن في دائرة بحثه وحدود معرفته. ثم كان علماء الحضارة الإسلامية على صــواب، وجــاليليو أيضًا على صواب، ولكن في حدود معينة أيضًا، وجاءت نظرة عصرنا لتصب فــي دائرة أوسع وأشمل، فالعلم كلما تقدم ليجئ بفكرة علمية جديدة تشمل ما لــم تــشمله الأفكار العلمية السابقة، نضطر إلى انتهاج منهج جديد غير المنهج الذي كان أسلافنا قد اصطنعوه في بحوثهم.

والإنسان قد عرف في مراحل تاريخه العلمي عدة منـاهج متعاقبـة سـيرد تفصيلها في فصل قادم، لكن آخرها لن يكون نهاية المطاف بطبيعة الحـال، فمـن يدري ماذا تكون نظرة الغد حين تظهر ظواهر توجب على العلماء أن يوسعوا رقعة النظر والفهم من جديد في ظل تقنية أكثر تقدمًا وتطورًا ؟!

٣ – الموضوعية : وتعني عدم خضوع الحقائق العلمية وسـلوك الظـواهر الطبيعية لأهواء الباحث وأمانيه الشخصية، ومن ثم فإنها تعني إمكان استعادة النتائج العلمية والتثبت من صحتها لدى أكثر من باحث، إذا أجريت التجارب تحـت نفـس الظروف. وعندما ترقى هذه النتائج إلى مستوى الحقائق العلمية فإنه يمكن إدراكهـا لدى أكثر من باحث بنفس الطريقة أو بطرق مختلفة. على أن صدق قضايا المعرفة العلمية وقوانينها يجب أن لا يعني اليقين المطلق، وإلا ترتب على ذلـك أن تكـون نتائج العلم نهائية مطلقة، الأمر الذي لا يتفق مع استمرارية مسار التطور واتـصاله المشاهد في تاريخ العلوم.

ويدلل هايزنبرج على أهمية الموضوعية في المعرفـة العلميـة بقولـه فـي محاضرة ألقاها على طلاب جامعة جوتنجن عام ١٩٤٦م : " لقد تعلمت أولاً أنـه لا يهم إطلاقًا ــ عند محاولة تفهم التركيب الذري ــ ما إذا كنت ألمانيًا أو دانمركيًا أو إنجليزيًا، وتعلمت شيئًا آخر ربما كان أكثر أهمية، هو أنه مـن الممكـن أن نقـرر الشيء الصحيح والشيء الخاطئ، لم يكن الموضوع موضوع اعتقاد، أو تصور، أو فرض، فببساطة، إما أن تكون الجملة صحيحة وإما أن تكون خاطئة، ليس لأصـل الإنسان أو نوعه أي تدخل في الفصل في هذا الموضوع ".

ويضرب هيزنبرج المثل على ذلك بقوله : " عندما عدت إلى كامبريدج فـي صيف عام ١٩٢٥م وتحدثت عن عملي مع مجموعة من المنظرين، كان هناك مـن بين الحاضرين طالب موهوب لم يتعد الثالثة والعشرين من العمر، أخـذ مـشكلاتي

وكون منها خلال بضعة أشهر نظرية معقولة عن الغلاف الذري، كان اسمه " ديراك "، وكانت له مقدرة رياضية فذة، وكانت طرقه في التفكير مختلفة تمامًا عن طرقي، ورغم ذلك فقد وصل في النهاية إلى نفس النتائج التي توصلت إليها مع بورن ويوردان، على الأقل بالنسبة للنقاط ذات الأهمية. وكان في هذا التعضيد، وفي حقيقة أن النتائج كانت مكملة في جمال، إثباتًا جديدًا " لموضوعية " العلم واستقلاله عن اللغة والسلالة والمعتقدات ".

فالموضوعية تعني بمفهوم أشمل أن المعرفة العلمية ذات طبيعة عالمية ويشترك علماء العالم في بحث قضاياها بعلاقة متساوية مهما اختلفت الزوايا التي يشاهدون منها.

٤ – التراكمية والثورية : وهما تشكلان الطابع الديناميكي لتقدم المعرفة العلمية حيث تتراكم المعارف والاكتشافات حتى تصل إلى الدرجة التي تشرع معها وقائع جديدة في إعادة النظر في المعارف القديمة.

فأسلوب المعرفة العلمية كما يصفه أينشتين، يعتمد في مسار تطوره على فهم واستيعاب الرابطة بين الخبرات الحسية في شمولها وكليتها. ويتم ذلك باستخدام الحد الأدنى من المفاهيم والعلاقات الأولية، ثم يلي ذلك نسق آخر يحتفظ فيه بهذه المفاهيم والعلاقات ولكن على أن تكون له وحدته المنطقية بما له من مفاهيم من المرتبة الثانية التي لا تتصل مباشرة بتعقيدات الخبرة الحسية، وللسعي إلى الوحدة المنطقية يبرز نسق ثالث ما يزال يصقل حتى نصل به إلى المرتبة أو النسق الخالي من أية صلة بالخبرة الحسية.

وهذا يعني أن المعرفة العلمية في انتقالها من المحسوسات إلى التعميم والمجردات تمر بمراحل طويلة من تراكم المعارف، إذ لا يتيسر كشف علمي إلا بكشوف أخرى من أجيال سابقة وفي مجالات أخرى. فاكتشاف مدام كوري لم يكن

ممكنًا إلى بعد اكتشاف بيكريل للنشاط الإشعاعي لليورانيوم. وتيكوبراهي لبث عشرين عامًا يبحث مع تلاميذه في حركة الكواكب ويدون نتائجه التي يرصدها بكل دقة وأمانة، ثم تبعه كبلر الذي صاغ من هذه البيانات قوانينه الثلاثة الخاصة بحركة الكواكب حول الشمس، ومهد بذلك الطريق أمام نيوتن لصياغة قانون الجاذبية، فلكل كشف علمي شجرة أنساب، ولا مكان في المعرفة العلمية للتولد التلقائي.

ولا يجب أن يُفهم أن مجرد تراكم المعارف يؤدي إلى تقدم المعرفة، فقد يصدق هذا فقط على الكشوف العلمية التافهة، لكن الكشوف الثورية هي التي تغير نظرة الإنسان إلى العالم، وإن كانت تقوم على أنقاض النظريات القديمة. فهناك إذن عملية تصحيح مستمرة لمسار المعرفة العلمية تتم بتكافل جهود العلماء وتنافسهم في السبق إلى كشوف علمية جديدة قد يكون من نصيب أحدها في يوم من الأيام ما كان لكشوف أرسطو والخوارزمي ونيوتن وكوري وأينشتين وغيرهم من شهرة وذيوع.

٥ – التكاملية والنسقية : وهما من الصفات الحديثة التي تتميز بها فروع المعرفة العلمية المعاصرة، بعد أن تعددت مجالات اختصاصها وتطلب الأمر نظرة كلية شاملة لمختلف ظواهر الكون والحياة، تذوب معها تلك الحواجز الظاهرية بين فروع العلم المختلفة بحيث تحل العلوم المتداخلة والمتكاملة محل العلوم المتعددة والمنفصلة. بل إنها كلها يمكن أن تندرج في بناء نسقي واحد بحيث يكون ترتيبها في ذلك النسق المتكامل ترتيبًا قائمًا على وضع ما هو خاص من قوانين ومبادئ وفروض تحت ما هو أعم منه.

وقد توقع هيزنبرج هذه النتيجة للعلوم المعاصرة فقال في محاضرة ألقاها بجامعة لايبزج عام ١٩٤١ : " يبدو أن الفروع المختلفة للعلم قد بدأت في الانصهار في وحدة كبيرة ". وحول نفس المعنى قال رودلف كارناب : " لا وجود لمصادر متعددة مختلفة للمعرفة، بل هناك علم واحد فقط. فجميع المعارف تجد لها مكانًا في

هذا العلم، والمعرفة في حقيقتها ذات نوع واحد فقــط، ومـــا المظهـــر الخـــارجي للخلافات الأساسية بين العلوم إلا نتيجة مضللة لاستخدامنا لغات فرعية للتعبير عن هذه العلوم ".

ولقد تسرع العلماء والمفكرون وتخيلوا أنهم توصلوا إلى تصور ســليم عــن وحدة الصورة العلمية للطبيعة، وذلك بعد اكتشاف قوانين نيوتن للحركة والجاذبيـــة وظهور فكرة الحتمية في التفكير العلمي.

كان على العالم ــ في رأيهم ــ إذا ما أعطى بيانات معينة أن يحسب حركـــة الطبيعة، وكان الكثير من العلماء مقتنعين بأنه من الممكن حل هذه المهمة ــ علـــى الأقل من ناحية المبدأ ــ في حقول العلم. ولعل أكثر التعبيرات إيجازًا لوجهة النظر هذه ما قاله لابلاس عن العبقري من أنه ستكون لديه البيانات الكاملة عــن الحالـــة الراهنة للعالم، ومن هذه المعرفة يستطيع أن يتنبأ بكل تطوره في المستقبل. لكن مـــا لبث أن انهار مبدأ الحتمية أمام كشوف مبدأ اللاتحديد لهيزنبرج ونظريـــة النـــسبية لأينشتين وغيرهما من نظريات الفيزياء الحديثة التي أخذت طابع الاحتمـــال وعـــدم اليقين.

وظهرت شواهد واضحة تشير إلى أن العلوم قد أخذت تتقارب عــن طريـــق منظورات جديدة ومختلفة، انتظارًا لتحقق الصورة العلمية ذات الوجهة الواحدة مرة أخرى. فقد أظهرت الخبرة أن رفع حرارة الجسم تجعل أصغر جـــسيماته يتحـــرك بشكل أسرع، وعلى هذا ارتبط علم الحرارة بعلم الميكانيكا لدرجـــة يمكـــن معهـــا اعتبار أن ظواهرهما هي تعبيرات مختلفة لنفس الواقع الفيزيائي. من ناحية أخـــرى اكتشف " فولر " أنه من الممكن تمثيل المواد العضوية من المادة غيـــر العـــضوية، ولقد أقنع هذا الكيميائيين بأن التفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية تحكمهـــا نفـــس القوانين التي تحكم المادة غير العضوية، وحتى في علم الطب تحقـــق الكثيـــر مـــن

النجاح باتخاذ موقف ذهني تُمثّل فيه عمليات الكائن الحي بعمليات الماكينة المعقدة.

ومع تطور العلوم المعاصرة وتداخل مشكلاتها ظهرت العلوم الثنائية الجديدة مثل الفيزياء الأحيائية والكيمياء الطبية والهندسة الطبية وغيرها، كما يعتبر علم البيئة مثالاً لنمط العلوم المتكاملة التي تعني بدراسة العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية نفسها (الإنسان والحيوان والنبات) بعضها مع البعض الآخر، ودراسة التأثيرات المتبادلة بين هذه الكائنات الحية والعوامل الناتجة عن المحيط المادي الذي تحيا فيه، مثل العوامل المناخية والطوبوغرافية والعوامل المتعلقة بالتربة وغيرها. أيضًا ظهرت الفسيولوجيا الكيميائية بعد تطور علم وظائف الأعضاء حتى بلغ مرحلة تطلب فيها استخدام المصطلحات الكيميائية، وظهرت على نفس المنوال علوم الفيزياء الرياضية والفيزياء الجيولوجية والفيزياء الفلكية وغيرها.

ومن أبلغ الأمثلة على تكاملية العلوم الحديثة ظهور علم " السيبرنطيقا " القائم على علوم كثيرة مثل الرياضيات والمنطق والميكانيكا والفسيولوجيا وغيرها. ونقطة البدء في هذا العلم كانت على يد عالم الرياضيات نوربرت وينر عام ١٩٤٧ عندما بدا له وجود أسس مشتركة بين عمليات التحكم والاتصال في النظم الأوتوماتيكية الآلية وعمليات التحكم في النظم البيولوجية، ذلك أن الجهاز العصبي المركزي لم يعد يبدو – فيما يقول وينر – كعضو قائم بنفسه يتلقى التنبيهات من الحواس ثم يفرغ التيار في العضلات، ولكن يمكن تفسير بعض أوجه نشاطه على أنها أعمال دورية تخرج من الجهاز العصبي وتدخل في العضلات، ثم تعود فتدخل في الجهاز العصبي مرة أخرى .. ولقد بدا لنا أن ذلك يحدد لنا خطوة جديدة في دراسة ذلك الجزء من فسيولوجيا الأعصاب الذي لا يقتصر أمره على العمليات الأولية للجهاز العصبي وإنما يتعداه إلى أداء الجهاز العصبي ككل متكامل.

وفي رأي المؤسسين لعلم " السيبرنطيقا "، يمكن أن يتم التواصل إلى اختراع

آلة تقوم بعمليات فكرية ذات نظام ذاتي التحكم يقود وظائف اختـزان المعلومـات وتفاعلها وفق خطة معينة على نحو ما يبدو في برمجة الحاسـبات الإلكترونيـة ! ومهما يكن من أمر هذه الآلة التي تحققت بالفعل فيما نـراه حاليًـا مـن إنـسالات وتقنيات ذكية، فإن هذا الاتجاه الحديث نحو تكاملية العلم قد أثر فـي نـشأة علـوم جديدة مثل الميكانيكا الإحيائية والقياس البيولوجي وغيرهما.

وتكمن أهمية خاصيتي التكاملية والنسقية في أنهما تؤكدان حقيقة أن المعرفـة البشرية تسير وتتطور في انسجام رائع نحو المزيد من التجريد والتعميم، متوخيـة على الدوام المزيد من العمق والشمولية لمواجهة تحديات العصر. وقد حدث ذلـك في مراحل مختلفة من تاريخ العلوم عندما تزامنت تاريخيًا ـ على سبيل المثـال ـ مفاهيم المقدار اللامتناهي في الصغر والميكروب اللامتناهي في الـصغر والنـواة بجسيماتها الأولية اللامتناهية في الصغر. فإذا كان التجريد والتعمـيم مـن سـمات العلوم المستقلة، فإنهما أيضًا من سمات المعرفة ككل.

٦ – الارتباط باحتياجات المجتمع كلما أمكن، والتأثر بسائر أنـواع النـشاط الإنساني في نطاق الثقافة السائدة وفي حدود الإمكانيات المتاحة. ذلك أن المعرفـة العلمية مرتبطة بمصالح الإنسان منذ بدأ يمارس التفكير العلمي. فقد انشغل الإغريق بالفلك لعلاقته بالحظ وكشف الطالع. وألف الخوارزمي وابن الهيثم وغيرهمـا مـن علماء الحضارة الإسلامية في حساب المعاملات والمواريث وتحديد سـمت القبلـة لارتباطها بأمور الشريعة الإسلامية، وكرس فاراداي حياته باحثًـا فـي الكهربيـة والمغناطيسية لأن مشكلة عصره ومجتمعه كانت ـ مثل عصرنا الحاضر ـ البحث عن مصادر جديدة للقوى والطاقة.

وتحقيق ارتباط المعرفة العلمية باحتياجات المجتمع يتطلـب تأكيـد الـتلاحم والانسجام بين العلوم النظرية والعلوم التطبيقية والتكنولوجية. فأي جهد علمي يسهم

في فهم الظواهر الطبيعية ويمتد إلى تطبيقات نتائج البحوث النظرية أو التجريبية في مختلف ميادين الحياة لا يسمح بالحدود التي يحاول بها البعض أن يفصل بين المعرفة وبين استخدامها. ذلك أن المعرفة العلمية لا تفرق بين بحث نظري وبحث عملي، وهي لا تفرق بين كشف في مجال الفيزياء النظرية أو الرياضية، وبين ابتكار لمنتجات صناعية، ولا فرق أيضًا بين الفائدة الروحية للمعرفة العلمية التي تتمثل في التمكين من قهر الأسرار وخفض القلق العقلي والنفسي، وبين منفعتها المادية التي تتبدى في إتاحة الرخاء والرفاهية والتغلب على الجوع والألم ومقاومة أخطار المرض والتلوث. ويقول " برنال " أن العلم له صورتان، الأولى صورة " مثالية " يبدو فيها العلم معنيًا بكشف الحقيقة وتأملها، ومهمته أن يبني صورة عقلية للعالم تلائم وقائع الخبرة. والصورة الثانية " واقعية " تسود فيها المنفعة وتتعين فيها الحقيقة وسيلة للعمل النافع، ولا تختبر صحتها إلا بمقتضى ذلك الفعل المثمر.

ويؤيد باستير هذه النظرة مؤكدًا على أن أهمية المعرفة العلمية تكمن في أنها بحث وتطبيق، ويرد على كل من يرى أن تطبيق العلم ليس علمًا بقوله : " ليس هناك علمان، بل هناك العلم وتطبيق العلم، وهذان النشاطان متصلان كصلة الثمرة بالشجرة ".

وها هو الإنسان يلمس بنفسه قدرة الأساليب التكنولوجية على إسداء الرفاهية للبشر، ويهتم في الوقت نفسه بمتابعة الكشوف النظرية الكبيرة في علوم الفيزياء والفلك والرياضيات والفضاء والبيولوجيا والانثروبولوجيا وغيرها. لقد أدت تجارب فارادي إلى صنع الدينامو وغيره من الآلات الكهرومغناطيسية، وأفضت دراسات ماكسويل في الأمواج إلى التلغراف اللاسلكي، وأحدثت بحوث باستير انقلابًا في الصناعات القائمة على التخمير، وفي الطب أيضًا. بل إن شهرة العالم الفيزيائي ألبرت أينشتين بين العلماء المعاصرين تعزي إلى نظريته في النسبية الخاصة

والنسبية العامة، وهي أبحاث نظرية اعترف العالم بقيمتها بعد إثباتها التجريبي. كما أن أبحاث نظرية الكمّ هي التي أدت إلى استحداث التقنيات الدقيقة التي تجد اليوم تطبيقات واسعة في مختلف المجالات.

من ناحية أخرى، يجب على رجل العلم أن يكون ملمًا إلمامًا واعيًا بخصائص المعرفة العلمية والتفكير العلمي مع الإحاطة بأساسيات نظرية المعرفة ومناهج البحث عن الحقيقة العلمية، حتى يتسنى له اختيار المنهج العلمي المناسب للبحث في موضوع دراسته.

إن هذا الجانب المعرفي يساعد الباحث على رفض العوامل المعوقة التي تنكر إمكان المعرفة وتهوّن من قدرة الإنسان على تحصيلها، كما تساعده على تلافي الأخطاء التي وقع فيها من سبقوه وتزوده بأنجح السبل والمفاهيم والنتائج التي توصل إليها العقل الإنساني. فمن الأمثلة المفيدة في نظرية المعرفة نذكر على سبيل المثال أهمية الشك المنهجي عند البدء في تناول موضوع علمي بالبحث والدراسة. فهذا الأسلوب يمكن أن يستخدمه الباحث الناضج بإرادته، رغبة منه في اختبار معرفته وعدم تأثر تفكيره بالأخطاء المألوفة التي تشوب الثقافة السائدة في مجتمعه أو التي يقرأها في الكتب. وهذا الشك في حقيقة الأمر يعتبر أحد عناصر اليقين في تحصيل الحقيقة العلمية، وهو يختلف عما يعرف بالشك الحقيقي أو المطلق الذي يزاول لذاته وبغير إرادة من صاحبه، فيعيش في حالة ريب متكاسل يبدأ فيها وينتهي بالشك وعدم الثقة في بلوغ اليقين.

وقد كان أبو الريحان البيروني ـــ أحد علماء الحضارة الإسلامية البارزين ـــ رائدًا في اعتبار الشك والتجربة أساسين للبحث قبل الإيمان واليقين بالنتيجة النهائية لهذا البحث، فقد جاء في أحد كتبه قوله : " لا حيلة لنا في تصحيح الأخبار إلا بغاية الاجتهاد والاحتياط، فالعلم اليقيني لا يحصل إلا من إحساسات يؤلف بينها العقل

على نمط منطقي ".

وبين الباحثين من يرى في الشك المنهجي القوة الموقظة في تـاريخ النـشاط العقلي، ويرجع إليه كل نزوع إلى النقد الصحيح وحرية البحث وعبقرية الاكتـشاف في ماضي المعرفة وحاضرها. مثل هذا الشك منهج يتبع عند اختيـار المعرفـة أو امتحانها أو عند العمل في كسبها، وقد عرفته الدراسات العقلية الحديثة وأيده التحليل السيكولوجي الحديث. إذ أن الاعتقاد والإنكار في رأي الكثيرين من علمـاء الـنفس مظهران لحالة نفسية واحدة. فالضد الصحيح للاعتقاد هو الـشك والبحـث ولـيس الإنكار، وإذا صحّ هذا كان الشك بهذا المعنى ضروريًا لكل معرفة صحيحة، فيؤكد (لاد) هذا الرأي في كتابه عن فلسفة المعرفة ويقول : إن الشك والبحث وإبطـال الرأي وإثباته ونفيه ـ في مجال السلوك أو العلم أو التفكير النظـري ـ ضـروري في تكوين المعرفة، بل إن اكتساب المعرفة وتحصيل المعلومات الـصحيحة يقـوم على اتجاه عقلي يعبر عنه بالشك.

كذلك يجب أن يسعى رجل العلم إلى تحقيق التكامل المعرفي بالتعرف علـى ثقافة العصر والوقوف على كل ما يعينه على فهم موضوعات علمـه مـن العلـوم الأخرى. ولا تكتمل حلقة التكامل المعرفي وتحقيق أهدافها علـى هـذا النحـو إلا بقراءة تاريخ العلوم والإحاطة بأبعاد فلسفته بغية الوصول إلى النظرة الكلية الشاملة على أساس علمي سليم. وفي هذا الصدد يجب أن يهتم الباحث العلمـي بـالنواحي النظرية والعملية التطبيقية للمعرفة العلمية على حد سواء، ويسهم في إيجاد حلـول لمشاكل مجتمعه، بالإضافة إلى محاولة تقديم المزيد من الفهـم لـسلوك الظـواهر الطبيعية المختلفة ولتصور الإنسان لهذا العالم اللامتناهي.

ولكي تكتمل ملامح الشخصية العلمية الحقيقية لدى الباحث عليـه أن يتحلـى بالحميد من الخصال ومنها :

أ – الالتزام بالموضوعية واستبعاد كل ما يتعلق بالذاتية، وذلك باستيعاب حقيقة أن لغة العلم عالمية يشترك في فهمها كل الشعوب، كما أن قضايا العلم أيضًا عالمية يسهم في حلها كل علماء العالم. ويعبر هيزنبرج عن هذا المعنى بقوله : " عندما انتهيت من امتحان الدكتوراه توجهت إلى كوبنهاجن في خريف عام ١٩٢٤ لكي أعمل مع بوهر، وهناك تعرفت بمجموعة من الشبان من مختلف الجنسيات، من انجلترا وأمريكا والسويد والنرويج وهولندا واليابان، كلهم يريدون العمل في نفس الموضوع : نظرية بوهر الذرية، واشترك الجميع دائمًا فيما يشبه العائلة .. واستطعت أن أرى بوضوح أكثر كيف يختفي التباين بين الشعوب والسلالات إذا ما تركزت الجهود على مشكلة علمية معينة ".

وصفة الموضوعية تتطلب حيدة العالم ونزاهته وصبره ومقدرته على الاستدلالات الصحيحة التي تميز الإدراك الموضوعي لجوانب الظاهرة التي يبحثها. كما تتطلب الموضوعية أيضًا أمانة الباحث ودقته في عرض النتائج التي يحصل عليها من الملاحظة أو التجربة دون تدخل بالتعديل أن التثبيت أو الحذف .. ومن يقرأ تاريخ العلوم يجد أمثلة لعلماء حدث أن تجردوا من صفات الموضوعية والنزاهة والأمانة العلمية فاستحقوا أن تحذف أسماؤهم من قائمة العلماء. من ذلك ما يذكره التاريخ عن طبيب إيطالي يدعى " الباجو " زار دمشق ورجع منها بعدة مخطوطات من بينها كتاب ابن النفيس " شرح تشريح القانون "، فترجمه ونشره باللاتينية عام ١٥٤٧ ووقعت نسخة منه في يد الطبيب الأسباني ميخائيل سارفيتوس ونقل عنها دون إشارة إلى صاحبها الشرعي، فنسب إليه زورًا اكتشاف الدورة الدموية الصغرى.

ويروي تاريخ العلوم أيضًا أن الباحث الألماني " هيكل " المتوفى عام ١٩١٩ كان قد زوّر في صورة لجنين حيوان حتى تبدو قريبة الشبه بجنين الإنسان، فيثبت

بهذا نظريته في التطور. ولما كشف العلماء تزويره واحتفلت أكاديمية برلين بعيدها المئوي دعت العلماء من شتى بقاع الأرض لحضور احتفالها وحرصت على أن تغفل دعوة مواطنها " هيكل ".

وفي بريطانيا أعلن " سيريل بيرت " ـ الذي بلغ القمة في علم النفس ـ أنه قد وصل إلى نتيجة بفضل أبحاثه الإحصائية في الذكاء مؤداها أن الذكاء وراثي، وأنه لا صلة في زيادته أو نقصه بنوع التربية. ولكن عالم النفس الأمريكي " ليون كامين " شك في صحة النتيجة التي انتهى إليها سيريل بيرت، فراجع منهجه الإحصائي بدقة بالغة ووجد فيه تغييرًا مقصودًا في الأرقام لكي تؤدي إلى النتيجة التي يرمي إليها " بيرت "، وهي تبرير الاستعمار وجعله أبديًا، لأنه إنما قام بسبب تخلف العناصر الملونة، وسيبقى لأنه لا أمل في تغيير الذكاء بالوسائل الحديثة مهما بلغ تنوعها ووفاؤها بترقية التربية.

وهكذا يتسبب عدم نزاهة الباحث وعدم موضوعيته في تضليل العلماء وتبديد وقتهم الثمين للتأكد من نتائج مزيفة لأغراض ذاتية خاصة.

ب – التمتع بقدر من الفضول الفكري والمقدرة على التأمل الفلسفي البناء واستخدام خيال العالم وإحساسه الحدسي في كشف الحقيقة العلمية دون تجاوز للواقع، وفي رسم الصورة العلمية كما يراها في ضوء الحقائق المتاحة، تمامًا مثلما يتخيل الرسام صورة لشيء أو لشخص من الأوصاف المعطاة له، وكثيرًا ما يثبت تاريخ العلوم أهمية هذه الصفات في ظهور الكشوف العلمية، ذلك لأن الإنسان مفطور بطبيعته على الرغبة في حب المعرفة، وهذا ما يجعل العلماء يواصلون عملية البحث ولا يكفون عنها بمجرد ظفرهم بالنتائج التي سعوا من أجلها.

فقد كتب كلود برنار يقول : " إن ابتعاد المعرفة عن الباحث في اللحظة التي يظن أنه قد قبض على زمامها هو في الوقت نفسه سرّ عذابه وسعادته ". وكتب

ماكس بلانك يقول : " يستمد الباحث الرضى والسعادة من النجاح الـذي يـصاحب البحث عن الحقيقة لا في امتلاك ناصيتها ". وكان فاراداي بحاسته العلمية يقول أنه يكاد يرى مجالات القوى الكهرومغناطيسية، وذلك قبل أن يفرغها ماكسويل فـي قوالب رياضية معروفة باسمه.

وهذه السمات لا يتمتع بها إلا القليلون، وهي تلعب دورًا هامًا فـي التوصـل إلى الكشوف العلمية وتنميتها بصقل موهبة العالم واستشعاره لقوانين الطبيعة. وقـد وصف أحد أصدقاء فاراداي لمعان بصيرته التي أشرنا إليها فقال : " إنه وهب مـا لم يوهبه إلا علماء قلائل، حتى لكأنه كان يرى السلك يقطع خطوط القوى ويستشعر التيار ينبض في داخل السلك ". وما أبلغ تصوير أينشتين لخيال العـالم الموهـوب عندما قال : " الفيزياء محاولة للقبض على ناصية الحقيقة كما هي في الفكـر، دون نظر إلى كونها موضوع مراقبة ".

ج – إدراك التبعات التي تفرض على رجل العلم في قضايا إنـسانية كثيـرة، كنواحي التهديد الموجهة للبشر بذكر الطاقة النووية وضـغط الانفجـار الـسكاني والنقص في الموارد وشبح الجوع والفقر والمرض وغيرها. فهذا ألبرت أينشتين لم يأسف على شيء قدر أسفه على اكتشاف القنبلة الذرية، وكان يرجـو أن تـستخدم الطاقة الذرية من أجل فائدة الجنس البشري.

والمسألة الكبرى التي ينبغي للعلماء وللمجتمع أن يفصلوا فيها هـي ـــ فـي رأي ديبو ـــ هذه : ما هي الأشياء التي نريدها بين مئات الأشياء التي في قدرتنا أن نصنعها، بعد أن أصبحت العلاقة بين العلم والمجتمع في العصر الحاضر أشد تعقيدًا مما كانت. إن لم ينصرف العلماء ـــ بعقولهم ـــ بل وبقلوبهم أيـضًا ـــ إلـى هـذه الناحية من تبعاتهم الاجتماعية فقد يجدون أنفسهم ذات يوم، وهـم عـاجزون عـن ضبط القوى التي أطلقوها من عقالها، وقد يضطرون إلى الاعتراف ـــ كمـا فعـل

قبطان الباخرة في رواية " موبي ديك " ــ بأن وسائلهم سليمة ولكن هدفهم مجنون.

وهنا يأتي دور " الثقافة العلمية " بعناصرها ومعاييرها المختلفة. والواقع أن الثقافة العلمية في عصرنا تعاني من أزمة مستحكمة تصل إلى حد المأساة، والسبب في ذلك يعود أساسًا إلى أن كثيرًا من العلميين لا يعنيهم ما تنطوي عليه المعرفة العلمية من مضامين ثقافية وإنسانية وفلسفية، ويقصرون اهتمامهم على النواحي المهنية لوجوه اختصاصهم الدقيق. وهذا الأسلوب يؤدي إلى عزل فئة العلميين عن المجتمع وهو أحوج ما يكون إليهم. لذلك فالمطلوب هو العالم المثقف الإنسان، لأنه بهذه الصفات يمتلك القدرة والرغبة في أن ينشئ صلة بين ميدان بحثه وتطوراته التاريخية، وأن يحرص على توكيد قيمته بالنسبة للمستقبل، وأن يعترف بما له من علاقة بمصالح الناس.

وهذا يتطلب من العالم ــ فيما يرى رينيه ديبو في كتابه " رؤى العقل " ــ أن يسمو بلغته فوق " الرّطانة " الخاصة بفئته، ويحسن الكلام في القضايا العلمية المقترنة بمعاني الثقافة والإنسانية، انطلاقًا من وعيه بأن العلم يعدو أن يكون مجموعة من الحقائق والوسائل وحسب، وأنه يعني بمادة لها قيمتها ومغزاها في أعمال الإنسانية، وأنه على مقدار ما يفعل يكون نشاطه إنسانيًا. إن اطراد التقدم التقني الاعتباطي، دون نظر إلى صلته بمعنى الحياة الإنسانية قد ينتهي بالإنسان إلى القضاء على حضارته.

بقي أن نذكر صفة هامة لرجل العلم، تأتي في مقدمة الصفات التي ذكرناها، ألا وهي الإيمان الصادق والعميق برسالة العلم والعلماء في البحث عن الحقيقة والتعرف على قوانين الله وآياته في الكون والحياة، ولا يمكن أن تكتمل شخصية العالم وثقافته العلمية إلا بتأكيد الجانب الأساسي في فكره وجدانه، فالشعور الإيماني الذي يستشعره الباحث في الكون، هو ــ في رأي أينشتين ــ أقوى حافز على

البحث العلمي وأنبله. والتفكير العميق في العلوم ــ كما يقول لورد كلفن ــ يــؤدي إلى الإيمان بالله. والباحث في العلم، إذا استهدف ببحثه الكشف عن بعض آيات الله، فهو أكبر عابد وأكرم قائم وراكع وساجد.

(ج) علوم العلم :

إن العلم ــ بتطبيقاته وتقنياته ــ يصب مباشرة في نفــس الإنـــسان ووعيــه وتجربته، ويلقي بظلاله على أنماط العلاقات والسلوك بين الأفــراد والمجتمعــات، ويسهم إسهامًا مباشرًا في رسم تصورات الإنسان عن هيئة الكون الذي يعيش فيــه، ويؤثر في كل مرحلة يبلغها في تطوره على مناهج التفكير وطبيعــة التحــول فــي مختلف ضروب النشاط الإنساني.

ولقد تشعبت القضايا المتعلقة بصناعة العلم في عصرنا بحيــث أصــبح مــن الضروري البحث عن أسلوب أمثل في التعامل معه لفهم طبيعــة نمــوه ومجــالات تأثيره وآفاق تسخيره لخدمة حياة الأحياء كما أرادها الله ــ سبحانه وتعالى ــ علــى الأرض، ونشأ نتيجة لهذا اتجاه فكري جديد يــسمى " علــم العلــم " Science of science ، يقوم على بحث الظاهرة العلمية وتحليليها من جوانب مختلفة لا يمكــن للعلم أن ينسلخ عنها، أي أن " علم العلم " لا يقتــصر علــى تحليــل لغــة العلــم الموضوعية، كما هي الحال مع فلسفة العلم، ولكنه يتعدى هذا النطاق ليشمل البحث في واحد أو أكثر من المجالات الآتية :

١ – أنطولوجيا العلم Ontology of Science :

وتعني البحث عن طبيعة الوجود اللامــادي فــي القــضايا " الميتافيزيقيــة " المترتبة على التصورات أو المفاهيم والقوانين العلمية، مثل المادة والطاقة والزمــان والمكان والكم والكيف والعلة وغيرها. فمثل هذه المفاهيم تشكل وحدات أساسية في نسيج المعرفة العلمية، بالإضافة إلى أنها تدخل في رسم الــصورة التــي يتخيلهــا

الإنسان عن الكون وفق ما ترتضيه عقيدته الدينيـــة أو نزعتـــه الفلـــسفية وهويتـــه الثقافية.

ويزداد الاهتمام بهذا الجانب " الأنطولوجي " للعلم مع تقدم الكشوف العلميـــة في ميادين كانت من قبل حكرًا على الفكر الفلسفي القـــائم علـــى التأمـــل العقلـــي الخالص، وأصبحت في عصرنا تخضع للملاحظة والتجربة والاستقراء، على نحـــو ما نجده في عالم المتناهيات في الصِغر على مستوى الذرة ونواتها، أو فـــي عـــالم المتناهيات في البُعد والكبر على مستوى المجرات والحشود النجميـــة البعيـــدة فـــي أعماق الكون الفسيح.

٢ – أبستمولوجيا العلم Epistemology of science :

وتعني البحث في نظرية المعرفة العلمية من حيث إمكانها ومصادرها وقيمتها، فالبحث في إمكان المعرفة العلمية يتضمن النظر في إمكان العلم بالوجود أو العجـــز عن معرفته، وفيما إذا كان في وسع الإنسان عن طريق العلوم المختلفة أن يـــدرك الحقائق اليقينية وأن يطمئن إلى صدق إدراكه وصحة معلوماته، أم أن قدرته علـــى معرفة الأشياء مثار للشك وعدم اليقين. والبحث في مصادر المعرفة العلمية يتعرض للنظر في منابعها وأدواتها المتمثلة في العقل والحـــس والحـــدس وبـــاقي الملكـــات الإدراكية التي أنعم الله ــ سبحانه وتعالى ــ بها على الإنسان، كما يتعرض للنظـــر في أنواع المناهج العلمية المستخدمة لوسائل المعرفة ومدى مقدرتها علـــى ضـــمان سلامة التحصيل المعرفي. أما الجانب الثالث من جوانب أبستمولوجيا العلم فيبحث في طبيعة المعرفة العلمية من حيث حقيقتها وقيمتها وحدودها بين الاحتمال واليقين، وكذا في ماهية العلاقة بين الذات الباحثة وموضوعات البحث في مختلف العلوم.

٣ – أكسيولوجيا العلم Axiology of science :

وهي ما يعرض للبحث في القيم والمثـــل العليـــا ومـــدى ارتباطهـــا بـــالعلم

وتوجهاته وتطبيقاته من جهة، وبخصائص التفكير العلمي، باعتبار المعرفة العلمية واحدة من أهم فاعليات النشاط الإنساني وأرقاها، من ناحية أخرى. إن كثرين من العلماء والمفكرين يتوقون إلى الانفلات من النظام المحكم الصارم القائم على المعرفة العلمية الواقعية، لكي يستشعروا نشوة التأمل في النواحي الجمالية والجوانب الإنسانية المتعلقة بقيم الحق والخير، ومن هنا كثرت كتب التأمل التي يؤلفها العلماء بعد كل كشف علمي يوسع نطاق معرفتهم، واتضح فيها مدى تأثرهم بالفنون والآداب، فلا نعجب ــ مثلاً ــ من قول " أينشتين " بأنه أفاد من الروائي الروسي " دستويفسكي " بأكثر مما أفاد من العالم الرياضي والفيزيائي المعروف "جاوس". كما أن الاطلاع على الفيزياء الحديثة والمعاصرة مثلاً يسوغ ــ من ناحية أخرى ــ الإعراب عن آراء لا تقتصر على موضوع بناء المادة وعلاقتها بالطاقة وحسب، بل تعدوها إلى طبيعة الحياة ووجود الإرادة الحرة وغيرهما.

٤ – سيكولوجيا العلم Psychology of science :

وهي التي تبحث في العمليات النفسية والعقلية التي تتعلق بالكشف العلمي، وما يقترن بها من القدرات الإبداعية والخيالية الموجهة لحل المشكلات العلمية، فالكشوف العلمية تأتي في المقام الأول تأملات عقلية يوشيها الخيال العلمي السليم، ثم تخضع بعد ذلك لمنهج التحليل والتحقيق، والمسائل العلمية لها أصول عميقة في الوعي البشري، وقد تصعب ــ أحياناً ــ على مستوى التحليل، ولكنها سرعان ما تبدو للعباقرة فيلتقطوها بالحدس أو البداهة، ثم يفرغوها في نظريات علمية تتطور مع الزمن شيئاً فشيئاً.

وتاريخ العلوم حافل بالكثير من أقوال وسير العلماء الذين صنعوه، وفيها ما يتضمن إدراكهم الواعي لآثار تجاربهم واكتشافاتهم، وثقتهم المسبقة في سلامة نظرياتهم على المدى البعيد، ومن طريف ما يروى حول هذا المعنى أن رجلاً وفد

على " ميخائل فاراداي " في معمله بالمعهد المالكي وسأله عن جدوى كشفه للتـأثير الكهرومغناطيسي، فرد " فاراداي " بقوله : " يجئ يوم تجمعون منه الضرائب، يـا سيدي "..!

فالقدرة الهائلة على تخيل القاعدة الصحيحة لظاهرة ما مسألة فردية خالـصة تتعلق بشيء ذاتي، بعاطفة تلقائية، بنوع من الوجدان العلمي الذي يحمل العالم على تصوّر فرض ما لتفسير الظواهر المشاهدة. وحظوظ الناس من هذا الخيال تتفـاوت بتفاوت نصيبهم من الذكاء وسرعة البداهة وصفاء الذهن وسعة الاطـلاع والقـدرة على الإفادة من المعلومات والخبرات السابقة، ونحو هذا مما يعـين علـى تخيـل التفسير الصحيح للظاهرة قيد البحث. وبهذا المعنى تعدُّ المخيلة من أعظم الملكـات المعرفية التي حباها الله للإنسان، ومن أعمقها أثرًا فـي حـضارته، لأنهـا هيـأت القوالب التي استعملها البشر ليُفرغوا فيها حقائق الواقع الغليظة، ويصوغوا أشـكالاً ذات دلالة وجمال.

٥ – سوسيولوجيا العلم Sociology of science :

وتُعني بالبحث في التفسير الاجتماعي لتطور النظريات العلمية ومـدى تقبـل المجتمع لها، بالإشارة إلى أسلوب التنظير العلمي ونمطه الـذي يعكـس الـصبغة السائدة في مجتمع ما. وإن ما حدث لجاليليو وغيره من علماء أوروبا يدل علـى أن حالة الثقافة السائدة في زمن ما ومكان ما يمكن أن تكون عقبة تحول دون صـياغة الفروض التي تؤدي مباشرة إلى توجيه ملاحظات وإجراء تجارب تدور حول وقائع قد سبق تحديدها تحديدًا يجعل منها علمًا. وهنا يأتي دور المعايير الثقافية والسلوكية والعقائدية في التأثير على تحديد الاتجاهات العقلية، كما تبرز أهمية التربية الـسليمة في تكوين الثقافة العلمية المتكاملة والارتقاء بالذوق العلمي العام، ويصبّ هذا كلـه في بناء المزاج العلمي للمجتمع.

٦ – تاريخ العلم History of science :

ويعني بوصف وتقويم حركة العلم عبر مراحله التاريخية المتعاقبة للوقوف على عوامل تقدمه أو تعثره من وجهات نظر متعددة، ويتميز تاريخ العلوم الكونية عن تاريخ الأحداث الماضية للأشخاص والحضارات بأنه يتكون دائمًا من حقائق قابلة للتحقيق والاختبار وإعادة الاستنتاج إذا ما توفرت لها نفس الظروف، أو اتبع في استنتاجها نفس الأسلوب. وسرد هذه الحقائق تحكمه نظرة انتقائية تنظمها وفقًا لمحور أساسي يضمها ويجذبها إلى مسار له اتجاهه الخاص، وذلك لأن الحقائق العلمية ليست كلها على درجة متكافئة من الأهمية والدلالة عندما يتناولها المؤرخ بالتحليل والتفسير في أي عصر من العصور، كما أن قيمة العلماء ومكانتهم تتحدد بقيمة القوانين والنتائج العلمية التي يتوصلون إليها وبمدى أثرها في دفع مسيرة العلم والحضارة. ومن هنا تتضح أهمية تاريخ العلم في صياغة نظريته العامة، حيث يستحيل انفصال العلم عن تاريخه باعتباره عملية ممتدة خلال الزمان، وإذا ما ران على العلم جهل بتاريخه، فإنه لا محالة مخفق في مهمته.

وهكذا فإن كل ما يعني من العلوم بالبحث في الظاهرة العلمية، ولا يكون جزءًا من لغة العلم الموضوعية، إنما يندرج تحت " علم العلم "، أو إن شئت قل إنه يندرج تحت " فلسفة العلم " بمعناها الأعم والأشمل في مرحلتها الراهنة، بعد أن أصبح العلم كظاهرة أشبه بكائن حي له جوانبه الاجتماعية والنفسية والقيمية والمعرفية والأنطولوجية والتاريخية.

وأمام هذه الأركان الستة لنظرية العلم الجديدة التي يقوم عليها " علم العلم "، أو المجالات الستة للبحث في جوانب " الظاهرة العلمية "، يسعى المنظرون من العلماء والفلاسفة والمفكرين إلى الربط بينها بمنظور شامل يحدد للعلم مكانته الخاصة بين سائر الفاعليات الإنسانية.

(د) نظريات تاريخ العلم :

التاريخ عمومًا هو علم المجتمع الإنساني الذي يتناول وصف التطور في البيئة الاجتماعية بكل ما فيها من سياسة وحرب وتجارة وصناعة وعلوم وفنون، ومن حركات اجتماعية عامة أو دينية أو اقتصادية أو فكرية. لكن معرفة التاريخ لا تحقق الغاية منها إلا بتعليل الحوادث وربط بعضها ببعض، مع علم بكيفياتها وتحليل دقيق لأسباب ونتائجها، وفهم عميق لحقيقتها وطبيعة حركتها. وفلسفة التاريخ على هذا النحو تستوجب أن يكون المؤرخ ملمًا بعلوم كثيرة، فإذا كان لا يعرف من التاريخ إلا رواية الأخبار وسرد الوقائع كان قاصًا فقط. وقد سبق ابن خلدون مؤرخي الغرب إلى ابتكار علم فلسفة التاريخ، فعرفه بأنه " علم من علوم الفلسفة موضوعه الاجتماع الإنساني "، وبينما كان هؤلاء المؤرخين ــ منذ أيام هيرودوت اليوناني في القرن الخامس قبل الميلاد إلى القرن التاسع عشر للميلاد ــ قد غرقوا في رواية الخرافات وتعليل التاريخ على أساس السحر والتنجيم والاتكالية والوثنية، كان ابن خلدون يرفض ذلك كله، ويرى أن فن التاريخ في باطنه " نظر وتحقيق وتعليل للكائنات ومبادئها دقيق، فهو لذلك أصيل في الحكمة وعريق، وجدير بأن يُعد في علومها وخليق "، فسبقت " المقدمة " بهذا كتاب " العلم الجديد " الذي نشره "فيكو" الإيطالي بعد ابن خلدون بثلاثة قرون كاملة.

وتاريخ العلم هو تاريخ الفكر الإنساني الذي منحه الله للإنسان لكي يرتقي بعقله ويدرك أهمية المعرفة في صنع التقدم وفهم حقائق الأشياء. ومن يقرأ تاريخ العلوم يجد أنه وثيق الارتباط في تقدمه وتعثره بمراحل الازدهار والانحطاط التي مرت بها حضارات الإنسان عبر آلاف السنين، وقد قدم ابن خلدون في " مقدمته " فصلاً خاصًا بتأريخ العلوم كجزء من علم التاريخ في إطار مفهومه الشامل لتاريخ الفكر الإنساني أجمع، فعرض أصناف العلوم وبين خصائصها وتفاصيلها، وتناول

بالتحليل والنقد كل ما يعرض من أحوالها.

وهو بهذا يكون قد أسهم في وضع أصول أهم فروع الفلسفة المعاصرة الـذي يبحث في مجال فلسفة العلوم ومناهج البحث العلمي، ويمثل " تاريخ العلـوم " أحـد مباحثه الذي يعني بتتبع نمو المشكلات العلمية وتطورها وما قدمه العلم من نظريات أو حلول لتلك المشكلات في نطاق سياقه الاجتماعي الثقافي الشامل.

وتختلف آراء الباحثين حول المدخل إلى تاريخ العلوم وطريقة تناوله والبحث في مجالاته، بغية الوصول إلى فهم صحيح لحركة تطوره والتعرف علـى عوامـل ازدهاره وتقدمه، وأيضًا أسباب تأخره وعرقلة دفعه إلى الأمام. من بين هـذه الآراء ما ذكره " توماس كون " في كتابه " بنية الثورات العلمية " مـن أن تـاريخ العلـم الحقيقي هو تاريخ الثورات العلمية التي تغير النظرة إلى العالم وفق نماذج قياسـية تكون قادرة على تفسير سلوك الظواهر المختلفة، ولا تقطع الطريق على الابتكـار لنظريات جديدة. ويعارض " كون " كتابة التاريخ العلمي في ضوء المرحلـة التـي بلغها العلم اليوم، وكأن ما تقدم على ذلك كان لابـد أن يـؤدي فـي نهايتـه إلـى النظريات المعاصرة. وتخلص " نظرية كون " إلى أن تاريخ العلم ليس مجموعة من المعارف المتراكمة بقدر ما هو طائفة من الثورات العلمية، فقوانين الحركـة مـثلاً يضعها المؤرخون تحت عناوين : الميكانيكا الأرسطية أو الكلاسـيكية أو النـسبية، ونظرية الضوء مثلاً ينسبها المؤرخون لابن الهيثم، ثم نيوتن وهيجنـز وأينـشتين، وهكذا. وكل نظرية من هذه النظريات تعتبر بمثابة " إعادة توجيه " للبـاحثين لكـي يستخلصوا نتائج جديدة من معطيات قديمة، ومن ثم يمهد الطريق رويدًا رويدًا إلـى كشف ثوري جديد وفق " نموذج قياسي " جديد، وتتوالى الثورات العلمية تباعًا لتقدم حلولاً لمشكلات أكثر دلالة وأهمية ينبغي حلها.

أما مضمون الآراء الأخرى للباحثين في تاريخ العلم وفلسفته فإنه لا يختلـف

كثيرًا عن " نظرية كون " إلا في ترتيب عناصر التقدم العلمي وأهميتها بالنسبة لبعضها البعض. فيعتقد " سوليفان " أن تراكم المعارف والاكتشافات التي لا تلائمها النظرة الشاملة السائدة وقتئذ هو الذي يحدث الثورات العلمية، وكثيرًا ما توحي هذه المعارف المتراكمة بنظرة علمية معينة تسفر عن نظرية علمية جديدة على طريق التقدم العلمي، وهذا هو اسحق نيوتن يعترف في مذكراته بأنه لم يستطع أن يرى أبعد من الآخرين إلا بفضل اعتماده على جهود العباقرة الذين سبقوه.

ويختلف " ألفريد هوايتهيد " مع " سوليفان "، إذ تغلب لدى الأول النظرة التجريدية للفاعلية العلمية على كل ما عداها من شئون النشاط العلمي، ويرى أن أهمية النظرة العلمية في تاريخ العلم يجب أن تفوق سواها لأنها هي التي تصنع العلم بإملائها عليه منهجًا معينا، أو بتكوين صورة للواقع تتفق مع معطيات المعرفة في عالم الوعي. وتنشأ العلاقة الوثيقة بين النظرية والمنهج من اعتماد ملاءمة وارتباط الشواهد والبينات بالنظرية التي تسود المناقشة، ويتفق الفيزيائي الشهير "ماكس بلانك" مع فكرة " هوايتهيد "، فيرى أن نظرة الباحث للعالم هي التي تحدد اتجاه بحثه، ومن ثم لا يجوز تناول تاريخ العلوم بمعزل عن المناخ الفكري السائد في عصر صانعيه، لأن الفكر العلمي كسائر ضروب الفكر الإنساني تغذو جذوره تربة ثقافية فسيحة، وهو بطبيعته فاعلية تجريدية تستوجب البحث عن الأصول العينية التي تجرد منها، وهو لم يصل إلى حالته الراهنة من التقدم دفعة واحدة، بل مر بمراحل عديدة اقتضتها ضرورات ثقافية ومادية معينة وفق مناخ فكري متغير من عصر إلى عصر ومن حضارة إلى أخرى. وهكذا يكون " للنظرة " دورها في تطور العلم بوصفها أيديولوجية الثقافة السائدة.

من ناحية أخرى، يرى كل من جورج سارتون وتشونسي رايت أن تاريخ العلم يدين في تقدمه أو تعثره للمنهج أو الأسلوب العلمي الأفضل، فالقياس الصوري

مثلا وضعه أرسطو قديمًا تقديرًا منه لأهمية المنهج في تطور العلوم، ويــراد بهــذا القياس في المنطق الأرسطي كل قول يتألف من قضيتين، متى سلمنا بصحتهما لزم عنهما بالضرورة قضية ثالثة، ويفهم من ذلك أن قياس أرسطو يؤدي إلى الاستنباط الصادق لحكم جزئي من حكم كلي سابق بشرط عدم تناقض الفكر مــع نفــسه، لأن نتائجه تكون صادقة بالقياس إلى المقدمات لا بالقياس إلى الواقع، ومن هنــا اعتبــر المحدثون هذا القياس عقيمًا مجدبًا لأنه لا يكشف جديــدًا، فنتائجــه متــضمنة فــي مقدماته. لهذا أبطأ العلم في تطوره عند القدماء، ولم يفك من عقاله إلا بفضل المنهج التجريبي الذي عثر عليه علماء الحضارة الإسلامية في العصور الوسطى وطــوره علماء أوروبا المحدثون، وأصبح أساسًا لمناهج البحث في العلوم المعاصرة.

وحقيقة الأمر أن تاريخ العلم لا يخضع لرأي من الآراء السابقة دون الآخــر، ولكن مجراه يدين لها جميعًا بدون حدود فاصلة، فعندما هدى الله الإنــسان بنعمــه التفكير إلى كيفية التعامل مع الظروف الطبيعية والاجتماعية مــن حولــه والتــأثر بالنتائج الناشئة عنها، استطاع تدريجيًا أن يكتسب خبرته في أطوار متعاقبــة مــن تكرار المواقف المتباينة الكثيرة التي واجهته، وبدأ معه التاريخ في تسجيل نجاحاتــه وإنجازاته، وفي تدوين علومه ومعارفه، وكلمــا تــراكم قــدر مــن هــذه العلــوم والمعارف، كون منه نظرة علمية سائدة، لكن ما تلبث هذه النظرة أن تكون عــاجزة عن متابعة الجديد في عالم المعرفة، فيعاد تقويم هذه النظرة وتــتم صــياغة نظــرة جديدة لاستيعاب الحقائق المكتشفة، وتكون هذه بدورها أساسًا لكشف وقائع جديــدة من تقويم المعارف القديمة وفق منهج علمي جديد.

ويجب ألا يفهم من تعدد المناهج التي استخدمها العلم في تاريخه الطويــل أن منهجًا ما كان " خطأ " في عصره وفي مجاله، بل جاء كل منهج في عصره ليــسد نقصًا في المنهج الأسبق، فالمنهج العلمي بذلك كالعلم نفسه، مرّ بمراحل عــدة مــن

التطور تكمل لاحقتها سابقتها بقدر ما استحدث من إمكانات جديدة.

وإذا أردت تشبيها موضحا، فقل إن الإنسان في رؤيته البصرية للأشياء، يستخدم عينيه المجردتين، ثم يتبين له أن عينيه لم تريا إلا إلى مدى معين وفي حدود معلومة، إذ قد يكون هناك خارج المجال البصري ما هو أبعد أو أصغر أن تراه العينان، فيستحث نوعين من المناظير لتعزيز حاسة الإبصار، أحدهما يقرب البعيد وهو المقْراب (التلسكوب)، والآخر يكبر الصغير وهو المجهر (الميكروسكوب)، فيرى الإنسان ما لم يكن يراه بعينيه المجردتين. لكن هذا لا يعني أن العين البشرية في مرحلتها الأولى قد أخطأت الرؤية، بل إنها رأت ما رأته رؤية صحيحة وإن كانت غير كافية، وهكذا شأن المناهج العلمية حين يكمل بعضها بعضًا على تعاقب العصور.

٣

مناهج البحث العلمي

(أ) الميثودولوجيا .. ماذا تعني ؟

المنهج بمفهومه العام هو كل طريقة تؤدي إلى غرض معلوم نريد تحصيله. وفي العلوم يكون المنهج هو طائفة من القواعد العامة تصف الطريق المؤدي إلى الكشف عن الحقيقة أو البرهنة عليها، وتكوين المنهج على هذا النحو قد يتم بطريقة طبيعية تلقائية لم تحدد قواعدها من قبل، كأن ينظم الإنسان أفكاره حول موضوع معين ويرتبها فيما بينها حتى يصل إلى المطلوب بأقصر وأحسن ما يمكن، وهذا هو المنهج التلقائي. أو قد يتم بالتأمل في الطريقة التي حصلت بها المعرفة العلمية، وتحديد القواعد والقوانين التي سارت عليها، وتعميم هذه القواعد لتصبح منهجًا للبحث في المستقبل، وهذا هو المعنى الشائع للمنهج العقلي التأملي القائم في الأصل على المنهج التلقائي ويشكل أحد مباحث علم المنطق الحديث المعروف بعلم المناهج، أو " الميثودولوجيا " Methodology والمتعلق بدراسة كيفية التفكير وممارسة البحث في موضوعات علمية معينة.

وتكمن أهمية علم المناهج في ارتباطه الوثيق بتاريخ العلوم وأثره على حركة التقدم العلمي وتحصيل المعرفة العلمية والاستفادة منها، ولذا فإنه يمكن أن يندرج ضمن مجالات " علم العلم " بمفهومه الشامل كما عرفناه من قبل، والذي يعني كل ما يحلل العلم أو يقال عنه شرحًا أو تعليقًا أو تطويعًا ولا يكون جزءًا منه.

(ب) أنواع المنهج العلمي :

تختلف المناهج من علم لآخر، لكنها عادة ما تقسم إلى الأنواع الآتية :

١ – **المنهج الاستنباطي Deductive Method** وهو الذي نسير فيه من مبدأ إلى قضايا تنتج عنه بالضرورة دون التجاء إلى التجربة، وهذا هو منهج البحث والبرهان في العلوم الرياضية على وجه الخصوص. وتنقسم المبادئ المستخدمة في أي منهج استنباطي إلى :

(أ) بديهيات Axioms، وهي قضايا بيِّنة بذاتها Self-evident لا تقبل برهانا ويسلم بصحتها كل من يفهم معناها، لأنها قضايا فطرية لا تُستنبط من أخرى سابقة عليها، كالبديهية المنطقية التي تقول أن الكل أكبر من جزئه، وكالبديهية الرياضية التي تقول أن المساوين لثالث متساويان .. إلى آخر هذه المبادئ العقلية الموضوعية.

(ب) مصادرات Postulates، وهي قضايا يفترض صحتها منذ البداية، نظرا لفائدتها أو لأنها لا تؤدي إلى تناقض. مثال ذلك مصادرة إقليدس في الهندسة المستوية التي تقول : لا يمكن أن يقام من نقطة خارج مستقيم إلا خط واحد فقط موازٍ لهذا المستقيم. فإنها لا تؤدي إلى تناقض داخل هندسة إقليدس. والمصادرات يمكن الاستغناء عنها واستبدالها بمصادرات أخرى كما فعلت الهندسات اللاإقليدية.

وتمتاز المصادرة عن البديهية بأنه يمكن إنكارها، إلا أن الرياضيين المحدثين لا يقيمون وزنا للتفرقة بينهما، فهما يقومان بدور واحد كنقطة بدء يقينية تتيح قيام علم متسق منتج، وكلتاهما تعتبر من التعريفات المقنعة ولا فارق بينهما إلا في درجة التركيب، فالبديهية أكثر بساطة من المصادرة، ولذا تبدو أوضح، بينما المصادرة أقل بساطة وأكثر تعقيدا مما يجعل وضوحها والتسليم بها لا يتحققان إلا

بالنتائج التي يمكن استخلاصها منها.

(ج) تعريفات Definitions، وهي تحديد الشيء المراد تعريفه بالاستعانة بألفاظ لا يمكن تعريفها، مثال ذلك تعريف إقليدس في الهندسة المستوية للنقطة بأنها " ما يشغل حيزًا في المكان بدون أن يكون لها طول أو عرض أو ارتفاع .

(د) النظريات أو المبرهنات Theorems، وهي جملة النتائج التي يتم استنتاجها أو اشتقاقها أو الاستدلال عليها عن طريق الاستنباط Deduction من جملة المقدمات Axiomatic system المتمثلة في التعريفات أو المسلمات (البديهيات والمصادرات).

لذا فإن الصدق في النظريات (المبرهنات) مشروط بصدق المقدمات التي نتجت عنها، فالقول مثلاً بأن " مجموع زوايا المثلث يساوي قائمتين " في الهندسة الإقليدية هو مبرهنة صادقة طالما أنها نتجت عن مقدمة تقول أن " المكان سطح مستو ". ولو تصورنا المكان غير مستو لكان مجموع زوايا المثلث أقل أو أكثر من قائمتين. كذلك ينبغي أن تكون المبرهنات خالية من التناقض فيما بينها.

(هـ) يكتمل بناء النسق الاستنباطي طبقًا لقواعد تسمى قواعد الاستدلال، وهي مجرد توجيهات غير ملزمة ولكنها توضح صدق المبرهنات بالقياس إلى مقدماتها المفترضة وليس بالقياس إلى الواقع.

ويعتبر المنهج الاستنباطي العقلي منهجًا صوريًا ينتقل فيه الباحث تدريجيًا من مقدمات إلى نتائج جديدة تلزم عنها (هي النظريات)، بخلاف القياس الصوري عند أرسطو الذي يتبع نفس الطريقة في الاستدلال (أو الاستنباط) ولكنه لا يؤدي إلى نتيجة جديدة غير متضمنة في المقدمات.

٢ – **المنهج الاستقرائي Inductive Method**، وهو الانتقال من الحكم على البعض إلى الحكم على الكل على سبيل التعميم، وذلك بملاحظة الجزئيات وإجراء التجارب عليها كلما أمكن، ثم الارتقاء إلى نتائج عامة في صورة قوانين تضيف جديدًا إلى المعرفة العلمية وتسهم في فهم تصور الإنسان للكون والاستفادة من ظواهر الطبيعة، وهذا هو منهج البحث في العلوم الطبيعية التجريبية.

وأهم ما يميز هذا المنهج هو أن العمومية التي تتميز بها القوانين الناتجة عن الاستقراء تفترض أن العالم الطبيعي يسير وفق مبدأين هما مبدأ العلية أو السببية Causality ومبدأ اطراد الحوادث في الطبيعة Uniformity of nature. ومن ثم يساعد هذا المنهج على توفير المعطيات اللازمة لتفسير الظاهرة قيد البحث ووضع تصور عن سلوكها مستقبلاً في إطار ما يعرف بموهبة التخمين أو التوقع العلمي لدى الباحث الملهم، وانطلاقًا من الإيمان بانتظام حركة الكون والحياة كما أرادها الله ــ تعالى ــ وحفظ اطرادها وسخّر ظواهرها للإنسان.

٣ – **المنهج العلمي المعاصر Scientific Method**، ويجمع بين مفهومي المنهج الاستنباطي والمنهج التجريبي الاستقرائي القائم على الفرض العلمي، ولذا فإنه يعرف بالمنهج الفرضي الاستنباطي Hypothetico – deductive method، لأن الملاحظات التي يستوحيها الباحث فروضًا لابد من معالجتها بطريقة استنباطية لنولد من تلك الفروض نتائج نعيد تجربتها على الواقع لاختبار صحة الفروض من عدمها.

ويحلو لعلماء المناهج ومؤرخي العلم أن ينسبوا الفضل في اكتشاف المنهج التجريبي (أو الاستقرائي)، ومن ثم المنهج العلمي المعاصر، إلى فرنسيس بيكون وجون استيوارت مل في القرن السابع عشر الميلادي، ولكن هذا الزعم مردود عليه بحقائق تاريخية تؤكد سبق علماء الحضارة الإسلامية إلى ممارسة المنهج التجريبي

في العلوم الطبيعية ووضع أصوله وقواعده قبل " بيكون " و" مل " بعدة قرون. بل إن بيكون نفسه هاجم منهج الإغريق بقوله : " إن الحكمة التي أخذناها في المقام الأول عن الإغريق ليست من المعرفة سوى طفولتها، ولها صفة الطفل، في وسعه أن يتكلم ولكنه لا يستطيع أن ينجب، فهي حافلة بالمناقشات ولكنها عاقر لا تنجب أعمالا".

٤ - **المنهج الاستردادي أو المنهج التاريخي**، وهو يقوم على استرداد الماضي تبعًا لما تركه من آثار، ويستخدم عادة في العلوم التاريخية والأخلاقية، لكنّه أحيانًا يستخدم في بعض مجالات العلوم الطبيعية. ففي علم كالجيولوجيا خصوصًا تكشف التطورات التي مرت بها القشرة الأرضية منذ أقدم العصور اعتمادًا على الآثار المختلفة التي خلفتها العصور الجيولوجية المتباينة في تلك القشرة، تمامًا كما يفعل المؤرخ بتتبع الآثار المختلفة عن عصر ما كي يستكشف حال هذا العصر كما كانت.

وتقسيم مناهج البحث في العلوم على النحو الذي ذكرناه لا يعني أن هناك حدودًا فاصلة بينها، كما أن عدد المناهج لا ينحصر في الأنواع المذكورة فقط، بل يتعداها إلى مناهج خاصة تستخدم لمسائل جزئية تختلف من علم إلى علم، وتختلف في داخل العلم الواحد. وكل أنواع المناهج تعتبر في حقيقتها خطوات مختلفة في منهج واحد عام هو المنهج العلمي الذي يدفع مسيرة التحصيل المعرفي والتقدم العلمي والتكنولوجي.

(ج) عناصر المنهج العلمي :

عادة ما يتم تلخيص خطوات المنهج الاستقرائي في العلوم الطبيعية بحيث يتألف من ثلاث مراحل، هي على الترتيب :

١- ملاحظة الظواهر وإجراء التجارب عليها.

٢- وضع فروض علمية لتفسير هذه الظواهر.

٣- التحقق من صحة الفروض التي تسلم إلى صياغة التعميمات والكشف عن القانون العلمي، ومن ثم صياغة النظريات العلمية.

وفيما يلي بعض الخصائص المميزة لهذه المراحل.

أولاً: الملاحظة والتجربة : بالنسبة للملاحظة العلمية فيراد بها نوع المشاهدة الدقيقة لظاهرة علمية بهدف التعرف على عناصرها ومحاولة تفسيرها عن طريق مراقبة سلوكها وتقرير حالتها باستخدام الأدوات والوسائل المتاحة لتحقيق هذا الهدف، لأنها توسع مجال الملاحظات الحسية. وأهم ما يميز الملاحظة العلمية هو اعتمادها على دقة المشاهد باستخدام أجهزة الرصد والفحص والقياس الدقيقة، وأيضًا اتصافها بصفات المعرفة العلمية. أما بالنسبة للتجربة فهي ملاحظة مستثارة لظاهرة ما في ظروف هيأها الباحث بإرادته تحقيقًا لأغراضه في تفسير الظاهرة. فعالم الفلك مثلاً يقتصر في دراساته على الملاحظة لأنه لا يستطيع أن يهيئ بإرادته الظروف التي يدرس فيها أجرام السماء، أما عالم الكيمياء فإنه لا يستغنى عن التجربة في تركيب عناصر أو تحليل مركبات لا يراها في الطبيعة كما يريدها، واقتصاره على الملاحظة يعوق تقدم دراساته.

وللتفرقة بين الملاحظة والتجربة يقول زيمرمان Zimmerman :" الملاحظة تسجيل ظواهر بحالتها، والتجربة تسجيل ظواهر يحددها المجرب "، ويقول كيفيه Cuvier أن من يلاحظ ينصت للطبيعة ومن يجرب يستجوبها ويضطرها إلى الكشف عن نفسها.

وللتجربة في المنهج العلمي أنواع هي :

(أ) **التجربة الابتدائية Elementary**، وهي ليست تجربة علمية بالمعنى الحقيقي بقدر ما هي نوع من الاختبارات الأولية أو جسّ النبض لأحوال الظاهرة

المراد دراستها، وهذه التجربة لا تعطي نتائج دقيقة أو مؤكدة ولكنها تفيد كمؤشر لوضع الفروض والأسس اللازمة لمشاهدات ونتائج أدق.

(ب) التجربة غير المباشرة Indirect، وهي التي تعتمد على ملاحظة الظاهرة وتسجيل النتائج وتصنيفها، ثم تحليلها والاستفادة منها في وضع فرض علمي جديد أو اختبار فرض علمي مسبق. وهذا النوع من التجارب لا يتدخل فيه العالم، سواء بالنسبة لطريقة تركيب الظاهرة أو التحكم في ظروفها أو سلوكها، مثل دراسة بعض الظواهر الفلكية أو الإنسانية.

(ج) التجربة العلمية (أو الحقيقية) Scientific، وهي التي يأخذ فيها الباحث دورًا إيجابيًا بالتدخل في ظروف حدوث الظاهرة المعنية والتحكم في العوامل المؤثرة على سلوكها، وفق طريقة علمية ومرتبة بهدف التثبت من صحة أو صدق الفروض الموضوعة لتفسير الظاهرة قيد البحث. وفي هذه الحالة يكون هدف التجربة معروفًا قبل إجرائها، وتنويع الأحوال والظروف التي توجد فيها الظاهرة من شأنه أن يوصل إلى معرفة الأسباب الوحيدة الثابتة الحقيقية المحدثة للظاهرة بكل دقة. والوصول إلى هذه النتيجة لا يتأتى إلا بتكرار التجربة وتكرار الحصول على نفس النتائج reproducibility من التجربة الحاسمة (في نفس الظروف). من ناحية أخرى، قد تجرى التجربة العلمية للرؤية، بمعنى أن يكون لدى الباحث فرض معين عن ظاهرة ما، لأنه لم يكتشف بعد ما عسى التفسير الصحيح أن يكون، ومن ثم يعول على التجربة من أجل استبصار الفرض الصحيح الذي إذا ما تم التوصل إليه من تحليل نتائج دراسة الظاهرة أمكن تحقيقه فيما بعد بواسطة سلسلة من التجارب التأكيدية تتضافر كلها من أجل تحقيقه.

وأهم أداة في تحقيق التجربة العلمية هي الآلات وأجهزة القياس والرصد الدقيقة والكفاءة العالية في استخدامها، وقد كان لتطور الأجهزة في السنوات الأخيرة

أخطر الأثر في تطور العلوم الطبيعية وتحقيق كشوف علمية جديدة وإنجاز انتصارات تكنولوجية هائلة. ومن يقرأ تاريخ العلوم يجد أن العديد من الاكتشافات العلمية تأخرت كثيرا بسبب الافتقار إلى الدقة في أجهزة القياس. فعندما توصل جاليليو إلى نظريته عن السقوط الحر للأجسام إنما اعتمد على قياس الزمن بدقة، ولو توفر هذا لمن سبقوه لتوصلوا إلى نفس النتيجة وأبطلوا نظرية أرسطو في هذا الموضوع.

(د) يضيف بعض علماء المنهج العلمي نوعًا رابعًا للتجربة أسموه " التجربة الخيالية "، ويقصد بها تلك التجربة التي تجرى بالخيال على استنتاجات معينة بغض النظر عن الصعوبات العملية التي تحول دون إجرائها الفعلي. مثال ذلك ما لجأ إليه هايزنبرج من تصور تجربة خيالية يحاول فيها عالم الفيزياء ملاحظة موضع إلكترون متحرك وسرعته باستخدام جهاز على أقصى درجة من الدقة والكفاءة، وذلك لتوضيح مبدأ اللايقين المنسوب إليه. أيضًا توصل نيوتن إلى قانون القصور الذاتي من التأمل في تجربة مثالية أو خيالية يتحرك بموجبها جسم باستمرار دون أية مقاومة ودون أي تأثير لقوى خارجية. ويقول أينشتين عن ذلك : " إن قانون القصور الذاتي هو أول تقدم كبير في الفيزياء، بل هو البداية الحقيقية لهذا العلم "، وذلك لما يراه أينشتين من أهمية الخيال العلمي الناضج المرتبط بالواقع، باعتباره أحد أدوات المنهج العلمي الاستقرائي القائم على الملاحظة والتجربة. وما الخيال العلمي في هذه الحالة إلا ترجمة أو صورة لعملية التجريب، طالما أن العبرة في النهاية بالقوانين والنظريات القابلة للتحقق التجريبي.

ثانيا : الفروض العلمية : هي أهم خطوات التفكير العلمي، لأن ملاحظة الظواهر وإجراء التجارب عليها لن يكون ذا قيمة إلا إذا تدخل الباحث مفسرًا لما لاحظه أو جربه، مفترضًا وجود علاقات معينة تكفي لفهم سلوك الظاهرة المعنية

والتعرف على أسبابها ونتائج حدوثها. وعلى الباحث أن يمتحن فرضه العلمي Hypothesis ليتثبت من صدقه، وإلا فعليه أن يفرض فرضًا آخر أو ثالثًا أو رابعًا حتى يهتدي إلى الفرض الكفيل بتفسير الظاهرة والقابل للتحقيق تجريبيًا، فيكون هو القانون أو النظرية. وواضح أن قوام الفرض العلمي هو الخيال، وفي هذا يكمن عنصر الابتكارات والكشف في المنهج الاستقرائي، وحظوظ الناس من هذا الخيال تتفاوت بتفاوت نصيبهم من الذكاء، وسرعة البداهة، وصفاء الذهن، وسعة الاطلاع، والقدرة على استغلال المعلومات السابقة، ونحو هذا مما يعين على تخيل التفسير الصحيح.

والخيال العلمي يختلف عن الميتافيزيقي لأنه يبدأ من ملاحظة الظواهر في الواقع لتفسيرها ويرتد إليها ملقيًا عليها الضوء، كما أنه مما يمكن التحقق من صدقه بالتجربة، لذلك فهو يعتبر أهم مراحل المنهج العلمي المعاصر المعروف بالمنهج الفرضي الاستنباطي Hypothetico – deductive method.

والقدرة الهائلة على تخيل القاعدة الصحيحة لظاهرة ما يصفها كلود برنار بقوله : " إننا لا نستطيع أن نضع قواعد للاختراع في العلم، ولا أن نعلم القواعد التي يمكن أن تراعى في إنشاء الفروض بحيث نأتي بفروض جيدة، لأن هذه مسألة فردية خالصة. إنما القواعد التي نستطيع أن نضعها هي تلك المتصلة بما يتلو وضع الفرض، أما قبل وضع الفرض فالأمر يتعلق بشيء ذاتي، بعاطفة تلقائية، بنوع من الوجدان العلمي الذي يحمل العالم على تصور فرض ما لتفسير الظواهر المشاهدة.

من أهم الأساليب المفيدة في وضع الفروض استخدام المماثلة Analogue، وهي افتراض التماثل والتوافق بين الظواهر المختلفة، إذ يمكن مثلاً الانتقال من أحوال مشاهدة بالنسبة لنوع حيواني معين إلى ظواهر أخرى مماثلة بالنسبة إلى نوع آخر، فينطبق مثلا ما يجرى على الإنسان بالاسترشاد بما يجري على الفئران

أو الأرانب أو الضفادع. ومن أفضل الأمثلة علـى ذلـك تـصور تركيـب الـذرة بالمقارنة بهيئة المجموعة الشمسية.

وتختلف الفروض من حيث أهميتها، فهناك فروض جزئية تتعلـق بـأحوال معينة لأحداث معينة، وهناك فروض عامة تنقسم إلى قسمين :

(أ) مبادئ، وهي صياغة عامة تربط بين جملة قوانين.

(ب) نظريات، وهي صياغة عامة تفسر طائفة أو أكثر من الظواهر الداخليـة في نظام واحد.

(من أمثلة تأثير الملاحظة كعامل هام من عوامل وضع الفرض العلمي نذكر ملاحظة أرسطو لسقوط ريش الطائر والأحجار، وملاحظة جاليليو لتزايـد سـرعة الأجسام الساقطة كلما اقتربت من الأرض، وملاحظة أرشميدس لارتفاع سطح الماء عند حلول جسمه فيه ... إلخ).

ثالثًا : التحقق من صحة الفرض : وهذا شرط هام لاكتمال المنهج التجريبي، وهناك قواعد معينة وضعها علماء المناهج لتساعد على اختبار صحة الفروض التي توضع تفسيرًا للظواهر التي تتناولها الملاحظة والتجربة، مثـل طريقـة الاتفـاق، وطريقة الاختلاف، وطريقة التغير، وطريقة البواقي وغيرها.

ومهما تكن طرق التحقق المتبعة لاختبار صحة فرض ما، فإنه يجب الانتبـاه إلى أن الأمثلة الإيجابية لا تكفي لإثبات صحة الفرض، لأن الشواهد الـسلبية التـي تنفي صحته أهم في مجال الاختبار والتمحيص من الشواهد المؤيدة له، بل إن مثالاً واحدًا يتنافى مع الفرض يكفي للتشكك في صحته، بالغا ما بلغ عدد الشواهد المؤيدة لصدقة. (مثال : نظرية الجسيمات لنيوتن والنظرية الموجية لهيجنـز عـن طبيعـة الضوء).

مما سبق يتضح أن الفرض في المنهج الاستقرائي (التجريبي) يقوم عادة على قوانين أو حقائق علمية سابقة، وإذا ما أثبتت صحته فإنه يصل إلى مرتبة النظريـة العلمية. وهكذا فإن النظريات العلمية بهذا المعنى أشبه ما تكون بالفروض العلميـة التي يتم التحقق من صدقها أو صحتها عن طريـق التجربـة العلميـة. يبقـى أن استقصاء العوامل المحددة للثقة في الفروض العلمية يكشف عن أن الثقة في الفرض في وقت معين تعتمد على المعرفة العلمية الكلية في ذلك الوقت، بما فيها البيانـات وثيقة الصلة بالفرض وكل الفروض والنظريات العلمية المقبولـة وقتئـذ. ويمكـن التمثيل لهذا الأمر بمجموعة كبيرة من القضايا، فقد بحث البابليون عن نجـم سـابع ووجدوه لاعتقادهم في أهمية الرقم (٧)، بينما تم اكتشاف أورانوس ونبتون وبلوتـو في العصر الحديث اعتمادًا على قوانين نيوتن للحركة والجاذبية.

والقوانين المستخلصة عن طريق المنهج الاستقرائي تكون بـالقطع تقريبيـة واحتمالية في الوقت نفسه، لأنها نتجت عن تجارب تقريبية، فكل تحسين يطرأ على الأدوات العلمية يؤدي إلى تعديل صيغ القوانين التي سبق تحديـدها. كـذلك هـي تقريبية لأننا لا نستطيع أن نوفر كافة الشروط التي يتوقف عليها القانون، وكيف لنا أن نتيقن أننا لم نهمل شرطًا جوهريًا منها. ومعنى هذا أن تأييد التجربة للقـانون، أو التنبؤ الصحيح للوقائع، ليس اختبارًا نهائيًا لصدق القانون (مثلما حدث فـي التنبـؤ بالكوكب نبتون على أساس قوانين نيوتن التي تصلح لتفسير جزء محدود من واقـع الكون ولا تنسحب على الكون كله). وسيظل دائمًا هناك فرق بين القانون والواقـع، فلم يشهد كوبرنيكوس الأرض وهي تدور حول الشمس، ولم يشهد بلانـك الطاقـة وهي تتدفق في كمّات Quanta، ولم يشهد بوهر الإلكترونات وهـي تـدور حـول النواة، ولكن اتفاق الوقائع المشاهدة مع صيغة القانون العلمي يشير لدى " سوليفان " إلى مثل من أمثلة التكيف والملاءمة بين الإنـسان وعالمـه، ولا يعنـي أن العـالم

بطبيعته يجرى على ما تجرى عليه الصيغة الرياضية للقانون، فمهمة القانون كما يراها " برونوفسكي " هي حملنا على الفعل الصحيح في الوقت الصحيح بصورة تقريبية يطرد اتقانها وتجويدها.

وأخيرًا يأتي دور النظرية العلمية Theory تتويجًا نهائيًا للمعرفة العلمية الجديدة التي يتم تحصيلها عن طريق المنهج العلمي، فهي الإطار الفكري الصريح الذي يربط بين الوقائع والمفاهيم والفروض والقوانين، وهي تظل فرضًا واسعًا ما لم يتح لها التحقق بالشواهد التجريبية. والنظرية هي نتاج خيال الباحث الذي يحاول إسقاطها على الواقع، فلا توجد نظرية واحدة بعينها قد فصل فيها بصدد ظاهرة بعينها، بل تتعدد النظريات وتتقدم بخطى واسعة نحو أكثر الصياغات انطباقًا على الواقع. وصياغة نظرية جديدة لا تُشبه في نظر " اينشتين " هدم كوخ وبناء ناطحة سحاب بدلاً منه، بل هي أقرب شبهًا بحال رجل يتسلق جبلاً ويتسع مدى بصره، ويرى آفاقًا جديدة، كلما زاد ارتفاعه، فحينئذ يبصر مسالك جديدة تصل بين البقاع المنتشرة في سفح الجبل مما كان يتعذر عليه رؤيتها لو لم يبرح هذا السفح.

(د) المنهج الاستقرائي والعلوم الحديثة :

إن ما حدث من تطور في العلم الحديث قد أظهر أن المنهج الاستقرائي التجريبي بصورته التقليدية التي أوضحناها لا يمكن أن يفي وحده للبحث في فروع العلم الحديثة، ومن ثم أصبح عاجزًا عن تحقيق أهداف هذه العلوم، ويناقش علماء المناهج المعاصرون أوجه العجز في هذا المنهج على النحو التالي :

١- يقوم المنهج الاستقرائي التقليدي على فكرة السببية التي تقوم بدورها على معنى الضرورة في الربط بين الأسباب والنتائج، ومن ثم كان من الضروري أن تكون نتائج الاستقراء، وهي التعميمات العلمية، معبرة عن معنى الضرورة. لكن مع تقدم العلوم التجريبية بصفة عامة، والعلوم الفيزيائية

بصفة خاصة، بدأت النظرة تتغير إلى العلاقة بين القوانين والفروض العلمية من جانب، وبين فكرة السببية من جانب آخر، ولم تعد هناك ضرورة للربط بين تصور السببية وبين البحث العلمي الاستقرائي، طالما كان في استطاعة العلماء أن يتوصلوا إلى تعميمات تجريبية دون استناد إلى مبدأ السببية الذي أصبح يقوم فقط على معنى الاحتمال.

٢- من الطبيعي أن يصبح مبدأ الاستقراء نفسه قائمًا على الاحتمال، طالما أن الأساس الذي يقوم عليه (وهو السببية) قائم على الاحتمال. وهذا بدوره يعني أن القوانين العلمية التي نتوصل إليها بالاستقراء لا تعبر عن صدق يقيني بقدر ما تعبر عن الاحتمال الأرجح فقط.

٣- تبين أن المنهج الاستقرائي بمعناه التقليدي ليس هو المنهج الأمثل في تطبيقه بالنسبة لموضوعات العلم المعاصر، لأن كثيرًا من الظواهر العلمية الحديثة ليست مما يخضع للملاحظة المباشرة، مثل مكونات الذرة وكمّات الطاقة وغيرها، ويترتب على ذلك أن تكون الفروض المستخدمة في العلم الحديث غير مستمدة من الملاحظة والتجربة، بل غالبًا ما تكون فروضًا قائمة على حقائق أو قوانين علمية سابقة (وهي ما تسمى بالفروض من الدرجة الثانية، في مقابل الفروض من الدرجة الأولى التي تكون مستمدة من الملاحظة والتجربة)، أو أن تكون مستنبطة من تلك الحقائق.

كما أن فروض العلم الحديث غالبًا ما تكون قابلة للتحقق التجريبي المباشر، فيلجأ العالم إلى الاستدلال على ما يترتب عليها – رياضيًا – من نتائج تقبل التحقق التجريبي.

وهكذا فإن الفروض العلمية الحديثة – سواء من حيث إقامتها أو تحقيقها – تحتاج إلى الاستدلال. أو بمعنى آخر، تحتاج إلى المنهج الاستنباطي بالإضافة إلى

العملية الاستقرائية، بشرط أن تظل على ارتباطها بالواقع وفي اتساق معه.

(هـ) ملامح المنهج العلمي المعاصر :

يمكن إيجاز الملامح العامة للمنهج العلمي المعاصر في الخطوات التالية على الترتيب :

١- افتراض الفروض (الصورية).

٢- الاستدلال على ما يترتب على هذه الفروض من نتائج باستخدام المنهج الاستنباطي.

٣- التحقق من صحة هذه النتائج عن طريق الملاحظة والتجربة.

وهكذا فإن المنهج العلمي المعاصر يتشابه مع المنهج الاستقرائي التقليدي في اعتماده على خطوتين من خطواتهما : الملاحظة والتجربة، وكذا افتراض الفرض، لكن يختلف عنه في ترتيب هاتين الخطوتين، فيحتل الفرض الخطوة الأولى في المنهج العلمي المعاصر ولذا فإنه يسمّى أحيانًا بالمنهج الفرضي Hypothetical. ويمكن إيجاز أهم سمات الفرض العلمي المعاصر فيما يلي :

١- يشير الفرض الصوري إلى كيانات واقعية لا تخضع للإدراك الحسي المباشر (مثل الطاقة والإلكترون)، وذلك لأن الفرض لا يقوم على أساس الملاحظة والتجربة المباشرة، ولكنه يأتي عن طريق الاستدلال أو الاستنباط من الفروض والقوانين والنظريات السابقة.

٢- في أغلب الأحيان تكون هذه الفروض مما لا يتحقق تجريبيًا بطريقة مباشرة، بل بطريقة غير مباشرة، وذلك عن طريق التحقق التجريبي للنتائج التي تلزم عنها.

٣- الفرض العلمي المعاصر يفسر عددًا من الفروض أو القوانين العلمية التي سبق التوصل إليها على أساس من الخبرة الحسية والملاحظة والتجربة، وهذا يعني أن الفروض الصورية مردودة أصلاً إلى الملاحظة والتجربة كأساس للفروض من الدرجة الأولى، أو القوانين العلمية التي أقيمت عليها هذه الفروض الصورية الجديدة. ولذلك يقول جون كيميني J. Kemeney أن العلم يبدأ بالحقائق وينتهي بالحقائق، بصرف النظر عن الاعتبارات النظرية التي نقيمها بين هذين الحدين.

٤- اللغة الرياضية هي أفضل لغة للمنهج العلمي لأنها توفر لنتائجه الاتساق والاختزال، كما تزيد من قدرته على التعميم، وهي بذلك تحقق خاصية البساطة المنشودة في العلم وتهب فروضه الخصوبة والقدرة على توليد النتائج. فإثبات الفرض لا يتم إلا إذا صيغ في صورة نظرية برهانية تجعل الفرض مقدمة لها، ثم نستنبط منها كافة نتائجها الممكنة التي توضع موضع التجريب، ولا قيمة للفرض إذا اتخذ هذه الصورة الرياضية في معظم العلوم..

وكمثال للفروض في المنهج العلمي المعاصر نأخذ الفرض الخاص بنظرية الكم. والواقع أن هذه النظرية تبحث عن تساؤل هو : لماذا لا نتصور الطاقة على أنها مكونة من كمّات أو مقادير صغيرة على غرار الكميات الصغيرة التي تتكون منها المادة وهي الذرات ؟. وبذلك يكون الافتراض هو : أن الطاقة يمكن تصورها مكونة من كمات تمثل الوحدات الأولى التي تتكون منها، وقد افترض ماكس بلانك أن هذه الكمات أشبه بالجسيمات الدقيقة المتناهية في الصغر.

ومن الواضح أن هذا الفرض ليس مستمدًا من الواقع الحسي المشاهد وبالتالي لم ينتج عن ملاحظة أو تجربة مباشرة، كما أنه يمكن أن يستخدم لتفسير قوانين أو

نظريات سابقة لم تعد تكفي لتفسير ظواهرها، مثل النظريات الجسيمية الخاصة بطبيعة الضوء أو مكونات الذرة. وبذلك عرف مثلا الفوتون الضوئي، وعرفت الخاصية الموجية للإلكترون، وأمكن في الحالتين إجراء التجارب التي تساعد على التأكد من صحة الفرض. على أنه تجدر الإشارة إلى أن التجربة العملية قد لا تكون ميسرة وقت وضع الفرض العلمي، فقد لا تكون الأدوات والأجهزة التي تساعد على تحقيق ذلك الفرض متاحة بالفعل، المهم أن الفرض يكون مما يمكن تحقيقه إن لم يكن الآن ففي المستقبل (مثال نظرية أينشتين في المادة والطاقة).

ولا ينبغي أن نترك الحديث عن المنهج العلمي المعاصر قبل أن نؤكد على أن الجانب الاستقرائي منه ليس برهانا، وليست نتائجه يقينية أو احتمالية بالمعنى المحدد في نظرية الاحتمالات الرياضية، وإنما نتائجه احتمالية بمعنى الدرجة العالية من التصديق. كما أن العلماء المعاصرين يفهمون الاستقراء منهجًا يمكن استخدامه دون الاستناد إلى مبدأ العلية ومبدأ اطراد الحوادث كأساسين له (وليس كل عالم يبحث عن اكتشاف العلل في العالم الطبيعي، فقد أصبح التساؤل العلمي الذي يحتاج إلى إجابة في صورة قانون أو نظرية هو : كيف ؟ التي حلت مكان ؟ لم ؟. فها هو علم الأحياء يتوصل بالاستقراء إلى النتيجة العامة التي تقول بأن كل الحيوانات الثديية حيوانات فقارية، وهذا علم الضوء يحدد مقدار سرعة الضوء بمنتهى الدقة، وهذا هو علم الديناميكا الحرارية يحدد في قانونه الثاني أن الحرارة تنتقل من الجسم الأكثر حرارة إلى الجسم الأقل حرارة، وها هو قانون النشاط الإشعاعي يصف تلك الخاصية التي تحدث لبعض الذرات بطريقة تلقائية، وكل هذه القوانين والاكتشافات لا تنطوي على علاقات علّية). كما أنه لا يقلل من قيمة القانون العلّي ألا يتضمن العلاقات العلية وألا يتضمن اطراد الحوادث.

وهكذا فإن الاستقراء لا يستغنى عن الاستنباط، وهما معًا يشكلان أساس

المنهج العلمي المعاصر دون استناد إلى مبدأ العلية كشرط ضروري. وقـد أعلـن ماكس بلانك وألبرت أينشتين أنهما لا يفهمان ما يقال من أن هناك علّية بين ظواهر الكون. ويعبر أينشتين عن مضمون المنهج العلمي المعاصـر بقولـه : " يجـب أن ينطوي التقدم في المعرفة العلمية على أنه يمكن تحـصيل الزيـادة فـي البـساطة الصورية على حساب اتساع الفجوة بين الفروض الأساسـية للنظريـة مـن جهـة والوقائع الملاحظة ملاحظة مباشرة من جهة أخرى. لقد اضـطرت النظريـة إلـى الانتقال من المنهج الاستقرائي إلى المنهج الاستنباطي، بالرغم من أنـه يجـب أن تكون أية نظرية علمية في اتساق مع الوقائع.

هذا الموقف من الملاحظة والتجربة والاستنباط ليس جديـدًا فـي القـرنين الماضيين، وإنما تعود جذوره إلى جاليليو المعاصر لفرنسيس بيكون، وإن كنا نـرى أن هذه الجذور تمتد أكثر إلى عصر الحضارة الإسلامية على يد الخوارزمي وابـن الهيثم وغيرهما. فقد كان جاليليو يعتبر الرياضيات أداة للكشف في العلوم التجريبية، وكان يعتقد أنه لا يمكننا فهم الكتاب العظيم – أي الكون – إلا إذا تعلمنا اللغة التي كتب بها هذا الكتاب، وإلا إذا تفهمنا الرموز الواردة فيه. ذلك الكتاب مكتوب باللغـة الرياضية ورموزه هي المثلثات والدوائر والأشـكال الهندسـية الأخـرى، ومـن المستحيل أن نفهم أسرار الكون دون فهم تلك اللغة وحل رموزهـا. بـدون ذلـك سيحس قارئ الكتاب أنه في ظلمة ليس لها قرار. الكـون مؤلـف تأليفًـا رياضـيًا ويتوقف فهمنا له على فهمنا لتركيبه الرياضي أكثر من فهمنا لما يقع أمام حواسـنا من وقائع وظواهر. ويلاحظ جاليليو أن هذا المنهج الرياضي فـي تفـسير العـالم الطبيعي كثيرًا ما يتنافر مع الخبرة الحسية المباشرة، ويستشهد على ذلـك بنظريـة كوبرنيكوس في علم الفلك التي تعد نصرًا للرياضيات على الحواس.

وهذا بالطبع لا يعني أن جاليليو أهمل أو تجاهل دور الملاحظـة الحـسية أو

القيام بتجارب جزئية، ولكنه يعني فقط أن جاليليو يرى في المنهج الرياضـي قـوة وصدقًا وإحكامًا أكثر مما نجده في الاستدلال مما لدينا من وقائع، ولهذا نـراه قـد أنكر النظريات القديمة في الحركة، ووضع قانون سـقوط الأجـسام فـي صـورة رياضية محددة، وكان يقول أن القدماء كانوا يسألون لم الحركة ؟ ومن ثـم أدخلـوا تصورات العلة الفاعلة والعلة الغائية والفعل والانفعال، ولكنهم لم يقولوا شيئًا عـن الحركة ذاتها.

٤

مراحل تاريخ العلم وتطوره

إن التفكير العلمي قرين الإنسان منذ خلقه الله تعالى ونفخ فيه من روحه، ولهذا لم يكن الإنسان القديم بعيدًا تمامًا عما يمكن اعتباره أصولاً للعلوم الطبيعية ضاربة في أعماق ما قبل التاريخ. ذلك أن الإنسان البدائي استخدم تفكيره في التغلب على مصاعب البيئة التي كان يعيش فيها، ثم استطاع بالفطرة والخبرة أن يصل تدريجيًا إلى قدر من المعرفة العقلية أو العلمية أفاد منها في التمييز بين الموجودات ومحاولة السيطرة على ما يحيط به. فهو عندما اهتدى إلى بعض خصائص في إيقاد النار لطهو الطعام وللدفء ولإنارة الكهوف التي سكنها، أو عندما كان يتخذ من الطين والحجارة وأغصان الأشجار بيتًا يقيه وينصب الحجارة على جوانب الطريق المؤدية إليه، أو عندما تعامل مع الحجارة الكبيرة فجرها ونقلها من مكان إلى مكان ليتخذ منها أدوات طعامه وشرابه أو ليستخدمها في القطع والشق والثقب وصناعة الأسلحة البدائية التي يدافع بها عن نفسه، أو عندما أجرى العمليات الجراحية في عظام الجمجمة فوق الدماغ ورسم الصور الفنية البارعة على جدران الكهوف التي كان يعيش فيها، كان في كل ذلك يمارس تفكيرًا علميًا بالفطرة التي فطره الله عليها.

ولا ريب أن هذا النوع من التفكير كان بسيطًا وعفويًا ومشوبًا بالأوهام والخرافات، لكنه كان ضروريًا لمساعدة الإنسان على تفسير الظواهر التي يراها ويتعامل معها بعد أن لاحظ تجانس العالم الذي يعيش فيه وتواتر هذه الظواهر أمام

ناظريه. فكان مثلاً يرى أن هناك حاجة إلى تفسير الحركة والحياة في الأشياء، فهداه خياله البدائي إلى أن يعزى الحركة إلى نفوس وأرواح أو آلهة تجعل الشيء متحركًا، قياسًا على ما كان يراه في الأحلام من أشياء تتحرك حركات خارقة للمألوف في يقظته.

ومنذ دخل الإنسان حقبة التاريخ، واستطاع أن يختار أنسب الأماكن للزراعة والسكن والإنتاج، كانت الأنهار الكبرى وشواطئ البحار بصورة عامة هي التي تغريه لما تدرّه خصوبة التربة ووفرة المياه من خيرات، فهاجر إليها وتمركز حولها أو بالقرب منها في مجتمعات وشعوب، ثم شرع في تطوير أسباب الحياة مبتدئًا بالزراعة والتجارة لاستيفاء ما ينقصه من وسائل العيش، ثم اتجه تفكيره إلى الارتقاء بمختلف المظاهر الحضارية من سياسية واجتماعية وثقافية وعلمية وغيرها، وأقام الحضارات في مصر وبلاد ما بين النهرين والهند والصين وفارس واليونان في العصور القديمة، وانتقل معه التاريخ من أرض إلى أرض ومن أمة إلى أخرى حتى جاء عصر الحضارة الإسلامية الزاهرة التي مهدت لعصر النهضة الأوربية الحديثة.

ومن يقرأ تاريخ العلوم يجد أنه وثيق الارتباط في تقدمه وتعثره بتاريخ حضارات الإنسان، ومن ثم فإننا لن نجد صعوبة في تقسيم تاريخ العلوم إلى أربع مراحل رئيسية تعاقبت على فترات زمنية متفاوتة منذ عصور الحضارات القديمة، فعصر الحضارة الإسلامية، فعصر النهضة الأوربية الحديثة، ثم حضارة التكنولوجيا المعاصرة.

(أ) عصر الحضارات القديمة :

نشأت الحضارات القديمة على ضفاف الأنهار، في وادي النيل عند المصريين، وفيما بين النهرين عند الأشوريين والبابليين، وما وراء النهر عند

الصينيين، وبجوار البحر المتوسط أو بالقرب منه عند الفينيقيين والإغريق والرومان. وكان تفكير الإنسان موجهًا أساسًا لكيفية الاستفادة من الثروات الطبيعية المحيطة به، فأسفرت ممارسته العملية للزراعة والتجارة والصناعة عن معرفة علمية بالفلك والرياضيات والتعدين والطب والهندسة والفيزياء والجغرافيا والكيمياء والملاحة وغيرها. وكان لرحلات الاستكشاف أو الغزو أو التبادل التجاري أكبر الأثر في تبادل الخبرات والمعارف بين هذه الحضارات.

ففي العلوم الرياضية نجد أن برديّات المصريين القدماء تؤكد تفوقهم في هذا المجال وتحوي معلومات عن الحساب والهندسة والكسور وجمع المتواليات الحسابية والهندسية ومعادلات الدرجة الثانية على الصورة س^2 + ص^2=١٠٠، ص= $\frac{3}{4}$ س فتكون س = ٨، ص = ٦. وتتصل هذه المعادلة اتصالاً مباشرًا بالحل الهندسي للعلاقة الأبسط بين الأعداد ٣، ٤، ٥ في مثلث قائم الزاوية، حيث صاغ منها فيثاغورث نظريته المعروفة باسمه في حساب المثلثات والتي تنص على أن المربع المنشأ على الوتر في المثلث قائم الزاوية يساوي مجموع المربعين المنشأين على الضلعين الآخرين. وفي بلاد ما بين النهرين حسب البابليون والسومريون مساحة المستطيل والمثلث وشبه المنحرف، وعرفوا أن محيط الدائرة ينقسم إلى ستة أقواس، وتر كل منها يساوي نصف قطر الدائرة. وفي بلاد الهند والصين عرف تدوين الأرقام بعلامات مستقلة.

لكن، والحق يقال، كانت الرياضيات في هذه المرحلة لا تزيد عن طائفة من الملاحظات التجريبية تُطلب لتحقيق فائدة عملية محدودة في التجارة أو الزراعة أو الصناعة الفنية، فالحساب كان يُطلب ليستعان به في تداول السلع، والهندسة كان الغرض منها إيجاد وسيلة لمسح الأراضي، والفلك كان يُنشد لقياس الزمن وبيان الاتجاهات. كما أن العقل في هذه المرحلة، لم يكن على ما يبدو قد تطور بعد

بدرجة كافية يتهيأ له معها أن يصل إلى ملكة التجريد الكافية لتكوين العلم النظري.

وبالرغم من ذلك فإن هذه النتائج العلمية كان لها دور كبير في صياغة علم الرياضيات الحقيقي عند اليونانيين، فمن المؤكد تاريخيًا أن " مليتوس "، وهي مسقط رأس الفلسفة الإغريقية، كانت مركزًا عظيمًا للتجارة الأيونية، وكانت على اتصال بمصر القديمة وحضارة ما بين النهرين. ففي القرن السادس قبل الميلاد برز طاليس وأناكسيمندر وأناكسيمانس كأول فلاسفة مليتوس فعرفوا " بالملطيين " أو " الطبيعيين "، وأسسوا مدارس على شاكلة أفلاطون وأرسطو فيما بعد، واتبعوا منهج التقدم العقلي للكشف عن مبادئ لها ارتباط بالضرورة بين مختلف المظاهر المتغيرة، وارتبطت الفلسفة على أيديهم بالعلم لأول مرة في تاريخ التفكير الإنساني، وذلك عندما واجهوا أول مشكلة فلسفية تتعلق بالتساؤل عن مبدأ الكون، أو المادة الأولى التي نشأ منها. فكان طاليس أول عالم نظري يقول أن الماء هو المادة الأولى لجميع الأشياء، وهو قد توصل إلى هذه النتيجة عن طريق ملاحظته العلمية، فقد وجد أن الماء يدخل في تركيب كل الأجسام، وأن دالات الأنهار نشأت من الماء، وأن الكائنات الحية تنشأ في الرطوبة.

وكان أناكسيمندر أول فيلسوف ينقد قول أستاذه طاليس عن المادة الأولى نقدًا عقليًا ويقول أن الماء لا يمكن عقلاً أن يكون هو أصل الأشياء الكثيرة المتعددة نوعًا وكمًا لأنه هو نفسه محدود كمًا وكيفًا. وإذن فلابد أن يكون أصل الوجود مادة أولى لا متناهية كمًا وكيفًا وهي " الأبيرون "، وتعني اللانهائي واللامحدود واللامعين، أي الأزلي الذي لا يفنى. ومن هذه المادة الأولى نشأ الوجود عن طريق الحركة الدائرية لأنها أكمل الحركات، فانفصل الحار عن البارد، وقفزت النار إلى أعلى مكونة نيران الشمس والقمر والنجوم، وتكونت الأرض في حالة توازن في الفضاء لأن بعدها عن كل شيء بعد ثابت، ولهذا يعده البعض رائدًا لنظرية السديم الحديثة.

أما أناكسيمانس، فيعتبر أول عالم نظري فيلسوف، لأنه وجد أصل الكون في الهواء، وقال بأن الفكر يبدأ بالسؤال العقلي عن وجود الموجود (الفيزيس)، وهو سؤال عن الأصل والمبدأ الأول للعالم الواقعي، وهذا هو أصل التسمية لعلم "الفيزياء". وتتألف جميع الأجسام في رأي أناكسيمانس من تكثيف الهواء وتآلف العناصر المتضادة وهي الرطب والجاف والحار والبارد.

ومهما اختلفت آراء الفلاسفة الملطيين حول فيزياء العالم الواقعي، فإنهم جميعًا يبدأون من وقائع مشاهدة ويتقدمون بالاستدلال المنطقي صوب تصور كون منظم، فيه قانون واحد شامل يسيطر عليه ويحكم حركته، وجميع القوانين الفرعية الخاصة بموجود معين أو ظاهرة معينة إنما تتسق فيما بينها وتخضع لذلك القانون العام.

وفي نفس الوقت الذي كانت فيه نظريات الملطيين (أو الأيونيين) تنتظر صياغة موحدة عن أصل الكون كان فيثاغورث وأتباعه في جنوب إيطاليا قد أسسوا مذهبهم الرياضي الفلسفي للبحث عن طبيعة الأشياء، وكان الفلاسفة الإيليون بزعامة بارمينيدز في جنوب إيطاليا أيضًا قد قالوا بنظرية الوجود الثابت الذي يعبر عنه الفكر.

وأسفرت الفلسفات الثلاث للأيونيين والفيثاغوريين والإيليين عن ظهور عدد من مذاهب الكثرة في منتصف القرن الخامس قبل الميلاد، فوضع انباذوقليدس نظريته التي تقضي بأن الواقع المادي للعالم لا يرجع إلى أصل واحد، بل تتركب الأجسام فيه من عناصر أربعة هي الماء والهواء والتراب والنار، وهذه العناصر تتحد وتتفرق عن طريق الحب والكراهية ولكنها لا تتبدل ولا تندثر ولا يستحيل بعضها إلى بعض. وما اختلاف الأجسام في الكون عن بعضها إلا لأن عددًا من الصفات الخاصة بالعناصر الأربعة يظهر في بعض الأجسام ويختفي في البعض

الآخر، وهو ما عرف بالظهور والكمون.

أما أناكساجوراس فقد قال بأن فيزياء الكون عبارة عن مادة أولية غير متناهية العدد، ظن أنها متجانسة ولا تفنى، ويحدد " النوس " (أي العقل أو الروح) حركتها، وكان في مزجها أو فصلها سر وجود تباين الحياة. واعتقد أنباذوقليس أن أساس الواقع يتمثل في العناصر الشهيرة الأربعة وهي التراب والماء والهواء والنار.

ومن هذه النقطة تحول لويكبوس الملطي وتلميذه ديموقريطوس إلى المادية، وقالا بأن الأجسام تتركب من ذرات متناهية في الصغر لا تفنى ولا تنقسم ولا عدّ لها، وهي متجانسة ولكن تختلف فقط في الحجم والشكل والموضع والترتيب في الأجسام المكونة منها. وتؤكد هذه النظرية الذرية واقعية الفضاء والفراغ، وتحدد خصائص المادة بالمكان النسبي والحركة النسبية للذرات، وبذا كانت هذه الأخيرة هي المسئولة عن التباين في العالم. كان الزمان حتى ذلك الوقت يعتبر شيئًا مستحيلاً بدون المادة، ولكنه كان شيئًا متعلقًا بالمادة، ثم منحته هذه النظرية استقلالاً خاصًا، وأصبح كفضاء خال من الذرات، حامل الهندسة، أي المسئول عن كل ثروة الأشكال وكل الظواهر المتباينة للعالم، ليس للذرات نفسها أية خصائص، ليس لها لون ولا طعم ولا رائحة، أما خصائص المواد فتنتج بطريقة غير مباشرة عن طريق الوضع النسبي والحركة النسبية للذرات. يقول ديموقريطوس : " كما يمكننا بنفس الحروف كتابة التراجيديا وكتابة الكوميديا، كذا يمكننا أن نعرف الوقائع المتباينة لهذا العالم بنفس الذرات، طالما كانت هذه تشغل أماكن مختلفة وتتخذ حركات متباينة ".

وبذا فقد تفهمت النظرية الذرية مطلب طاليس الملطي بضرورة إمكان تفسير الطبيعة عن طريق مبدأ موجد، بأن اعترفت فقط بجوهر أساسي واحد وبشكل

أساسي واحد من الوجود هو " الذرة ".

وفي عهد المفكرين الكلاسيكيين، تابع سقراط السفسطائيين الذين كانوا يمثلون " عصر التنوير " المبكر في تاريخ الغرب ويـضعون القـيم والتقاليـد والحقـائق الراسخة موضع السؤال والمغالطة، ويعتبرون الإنـسان موضـع الدراسـة الأول، ومهدوا طريق الفكر للانتقال من الاهتمام بالشكل إلى الاهتمام بالمـضمون. ورأى سقراط أن الإنسان لا يمكن أن يعرف الكون دون أن يعرف نفسه أولاً. ومن ردود سقراط على السفسطائيين تبلورت مبادئ علم المنطق الـذي نمـا فـي الأكاديميـة الأفلاطونية، حيث اعتبر أفلاطون الرياضيات بمثابة الطابع المميز لكل معرفة حقة، وكتب على باب مدرسته : من لم يكن مهندسًا فلا يدخل علينا. واكتمل المنطق على يد أرسطو الذي استفاد من معرفته بالرياضيات في تنسيق العلم القـديم وتـصنيفه، وتميز تفكير أرسطو بالجمع بين القدرة على النظـر والبنـاء والعنايـة بـالظواهر التجريبية، ولقد جمعت كتاباته المنطقية وعرفت بعده باسم " الأورجانون "، أي آلـة الفكر الصحيح وأداته، وفيها بحوث عن العلل الأربع الأولى وهي الصورة والمـادة والفعل والغاية. وإذا كان أفلاطون " المثالي " قد اهتـدى بالرياضـيات واعتبرهـا الطابع المميز لكل معرفة حقة، فإن أرسطو " الواقعي " قد اهتدى بعلـوم الطبيعـة والحياة والتجربة التاريخية، واهتم في الوقت نفسه بالمنطق والميتافيزيقا.

وهكذا يتضح أن الفكر اليوناني كان ذا منهج يقوم على العلـوم الاسـتنباطية وحدها، أي الرياضيات والمنطق، وتميزت الرياضيات بأنها أصبحت علمًا يـستخدم القاعدة والبرهان في استخراج النتائج بطريقة عقلية منطقيـة، كمـا تميـزت عـن رياضيات العصور السابقة عليها بالتجريـد، فبعـد أن كانـت مرتبطـة بالأشـياء المحسوسة من سطوح أو خطوط أو معدودات، أصبحت تبحث في الروابط المجردة الموجودة بين الموضوعات المحسوسة، بصرف النظر عن الموضـوعات نفـسها،

وهذا أضفى عليها طابعًا كليًا عامًا. وأيضًا تميــزت رياضــيات الإغريــق بأنهــا أصبحت علمًا عقليًا، إذ قامت على أساس الارتباط العقلي الضروري بــين قــضايا تستخرج بواسطة الاستدلال المنطقي الخالص الذي لا يكاد يستعين بالتجربة إلا من أجل التوضيح وتيسير الفهم فحسب.

وبموت أرسطو عام ٣٢٢ ق.م، انتهى العصر الهليني وبدأ العصر الهلينستي الذي امتزج فيه فكر الإغريق والرومان وحضارات الشرق الروحية، ويتميز هــذا العصر بانصراف التفكير عن الوجود إلى البحث في سلوك الإنسان، على نحو مــا نرى في كبرى مدارسه، مثل " الرواقية " التي دعت إلى اصــطناع الفــضيلة فــي الحياة العملية، ومثل " الأبيقورية " التي سعت إلى حياة السعادة باســتعمال العقــل، وكلها تعاريف تربط بين الفكر والحياة والعملية، من ناحية أخرى، بدأ تأثير الــروح الصوفية يغلب على تفكير الفلاسفة المنطقي واختلطت العلوم بالميثولوجيــا ـــ مــن الناحية التاريخية ـــ اختلاطًا ملحوظًا، وامتزجت فلسفة الغرب العقلية في هذه الفترة بروحانية الشرق، واقتبس الإغريق عن الشرق بمقدار ما قبسه الــشرقيون عــنهم، وأصبحت مدرسة الإسكندرية منارة الأدب والفنون والعلوم، ولمع عدد من العلمــاء مثل إقليدس وأرشميدس وأرسطارخس وغيرهم.

ويعتبر كتاب " أصول الهندسة " لإقليدس قمة ما وصلت إليه الرياضيات عند الإغريق، حيث تركزت فيه كل الجهود التي قام بها السابقون بعد أن وضعت فــي صيغة منطقية، على نحو يجعل القضايا الرئيسية في الهندسة العددية تكوّن سلــسلة من البراهين الرياضية المبتدئة من افتراضات بسيطة هي التعريفات والمــصادرات والبديهيات لكي تنتقل منها إلى نسب أكبر وأكثر ترتيبًا على أساس استدلال دقيق.

كذلك يعتبر كتاب " المجسطي " لبطليموس مرجعًا يكاد يكون وحيــدًا لعلــم الفلك القديم، ويحوي " النظام البطلمي " الشهير عــن هيئــة المجموعــة الشمــسية

باعتبار الأرض مركزًا لها، بالإضافة إلى موضوعات مختلفة عن البروج وعروض البلدان، وحركة الشمس والانقلابين الربيعي والخريفي، وحركات القمر وحسابها، والخسوف والكسوف والنجوم الثوابت، والكواكب المتحيرة وغيرها.

وفي مجال علوم الحياة والطب نجد دور الإغريق واضحًا في أول سؤال فلسفي طرحه طاليس عن أصل الحياة وأجاب عليه بأن الماء هو أصل كل الأشياء، وهذا التقرير الذي يبدو لنا اليوم غريبًا جدًا يشتمل بالفعل على ثلاثة آراء رئيسية طرحها العقل البشري لأول مرة، أولها فكرة أن هناك منشأ لكل الأشياء، وثانيها أن مثل هذه المسألة لابد أن يجاب عليها منطقيًا، وثالثها أنه لابد أن يكون من المستطاع ـــ في النهاية ـــ أن نتفهم العالم عن طريق مبدأ موحد، ولعل عظمة هذه التضمينات الثلاثة تبدو واضحة إذا علمنا أنه لم يكن هناك على الإطلاق ـ عندئذ ـــ ما يوجه الخطى للبحث عن منشأ الأشياء.

وأهم ما ينسب لأرسطو في هذا المجال تقسيمه الحيوانات إلى قسمين : ذوات الدم الأحمر (الفقاريات) وغير ذوات الدم الأحمر (اللافقاريات)، كما قسمها بحسب أقسام أجسامها وطريقة معاشها وتوالدها وعاداتها، وجعل الدلفين والحوت في الثدييات من الأسماك، وصنف الحيوان إلى أقسام أساسية عامة هي : الإنسان، الحيتان، ذوات الأربع الولود (المجترة من ذوات الظلف وذوات الحافر وغيرها)، الطيور (الكواسر والسوابح والحمام والخطاف وغيرها)، ذوات الأربع البيوض البرمائية (كالتماسيح). وقد اعتمد أرسطو كثيرًا على أقوال المؤرخين والرحالة والمؤلفين السابقين، ولم تكن لديه الفرصة الكاملة في ممارسة التجربة.

كما أحرزت علوم الحياة بعض التقدم من الناحية التشريحية على يد هيروفيلوس الإسكندري ومعاصره إيراستراتوس، وظهرت بعض الكتب عن النبات وخصائصه ومنافعه الطبية، منها كتاب الأدوية المفردة لذيوسقوريذوس.

وفي الطب يعتبر أبقراط أول من علمه ونشره على الناس حتى لا تنقرض صناعته، ولا يزال " عهد أبقراط " الذي كان يأخذه على تلاميذه قبل أن يبوح لهم بأسرار التطبيب هو مضمون القسم الذي يؤديه الأطباء بعد تخرجهم من كليات الطب، وبمقتضاه يتعين على الطبيب أن يقصد منفعة المرضى في جميع الأحوال ويكتم أسرارهم، ولا يعطي دواء قتالاً أو يقدم عقارًا يسقط الأجنة، وأن يمتنع عن أي عمل لا يكون من اختصاصه، بل يتركه لمن كان هذا العمل حرفة له، وأن يؤثر علاج الفقراء على الأغنياء حتى ولو كان بغير أجر.

أما جالينوس فكان آخر علماء الإغريق العمالقة الذي أحرز شهرة في الطب لا تقل عن شهرة إقليدس في الهندسة أو بطليموس في الفلك والجغرافيا، ويرجع إليه الفضل في جعل الطب علمًا تجريبيًا مبنيًا على أسس عقلية، وكان يعالج كل مريض بالطريقة التي تناسبه طبقًا لما يستنتجه من فحص نبضه وبوله، واهتم جالينوس بالتشريح باعتباره ضروريًا للعلاج السليم.

وتجدر الإشارة إلى أن مفهوم التجربة في طب اليونان لم يكن محدد القواعد والأصول، لأنه لم يكن هناك فهم علمي لفعل الدواء في المرض، ولذلك كان الطبيب يعتمد على مجموعة من الوصفات يعتقد أنها تشفى جميع الأمراض، وإذا خاب أمله في دواء جرّب غيره.

يتضح من هذا السرد التاريخي السريع لعلوم الحضارات القديمة أن علوم الإغريق بصفة عامة كانت تتميز بأنها تستند إلى الفلسفة وتقوم على منهج عقلي استنباطي، بعكس علوم الشرق التي طوعت لخدمة الحياة العملية. من ناحية أخرى، كانت أبحاث الإغريق لها طابع الفردية، وكل عالم أو فيلسوف تبرز مكانته بقدر ما يقدمه من إضافة متميزة إلى تطور الفكر، كما أن المدارس الفكرية التي أسسوها كانت تهدف إلى الكشف عن مبادئ لها ارتباط بالضرورة بين مظاهر الكون

المتغيرة، فلاشيء يمكن أن ينبعث من لاشيء، ولاشيء يحدث لغير شـــيء، ولكـــن كل شيء يحدث عن سبب وضرورة، ومن ثم وطن علمـــاء الإغريـــق وفلاســـفتهم أنفسهم على فهم العالم كعالم له قانون عقلي ويخضع لمذهب ووحدة تكوين.

وتكمن خدمة الحضارات القديمة بصورة عامة، والحضارة الإغريقية بـــصفة خاصة، في أنها استطاعت أن تحدد الكثير من المفاهيم والنظريات العلمية التي تعبر عن وقائع الحياة وحقائق الكون والمعرفة. ولـــيس أدل علـــى ذلـــك مـــن الـــصيغ والمسميات التي نستخدمها اليوم مثل : الفلسفة، التاريخ، الحساب، الهندسة، الفلـــك، الفيزياء، الذرة، وغيرها. ولقد كان تراث الإغريق بذرة جيدة، ولكنها غرست فـــي أرض صلدة في المجتمع المقسم إلى سادة وعبيد، وأصـــبح هـــذا التـــراث أساسًـــا لصروح الحضارات المتعاقبة، وكان المنبع الأساســـي الـــذي أخـــذ منـــه العـــرب والمسلمون في أولى مراحل النهضة العلمية التي شهدها عصر الحضارة الإسلامية.

(ب) عصر الحضارة الإسلامية :

إن الفكر البشري يجب أن ينظر إليه كأنه كائن ينمو ويتطور علـــى مراحـــل متعاقبة تعتمد كل منها على سابقتها، وتاريخ العلوم كتـــاريخ الحـــضارة البـــشرية بأكملها، يمر في دورات متلاحقة، وينتقل من أمة إلى أخرى، ليصبح فـــي النهايـــة تراثًا مشتركًا للإنسانية كلها. وإذا كان يوجد بين مؤرخي العلم والحضارة من يصر على تأريخ العلوم بالعصر الإغريقي وعصر النهضة الأوربية فقط، فـــإن هـــؤلاء يغمطون حق الحضارات القديمة الرائدة التي قامت في مصر وبلاد ما بين النهرين وفارس والهند والصين، كما أنهم يهملون عصر النهضة الإسلامية الزاهرة، وذلـــك إما عن جهل بها واستخفاف بأهلها، وإما لمآرب أخرى لم تعد خافيـــة علـــى أحـــد. فالحضارة اليونانية كما رأينا لم تكن لتنهض من فراغ أو بمعزل عـــن الحـــضارات السابقة عليها، كما أن تراثها قد مهّد بلاشك للـــدور الـــذي قامـــت بـــه الحـــضارة

الإسلامية في دفع مسيرة الحضارة الإنسانية والانتقال إلى عصر النهضة الأوربية الحديثة، التي مهدت بدورها لقيام الحضارة المعاصرة.

وإذا كانت كل أمة تفخر وتباهي بما قدمه علماؤها من إسهامات في تطور الحركة العلمية منذ نشأتها، فإننا معشر العرب والمسلمين أحق بهذا الفخر والتباهي، لأننا أغنى جميع الأمم تراثًا وأجلهم أثرًا في خدمة الحضارة الإنسانية ودفع عجلة التطور العلمي بفضل المئات من العلماء الأفذاذ الذين نبغوا وتفوقوا في مجال العلوم الطبيعية، بل إن منهم من يفوق علماء الغرب شهرة وأثرًا في تقدم العلوم، بالرغم من أن مؤلفاتهم لم يحقق منها حتى الآن إلا النزر اليسير، ولا يزال معظمها بكرًا ينتظر من يتناوله بالدراسة العلمية المفصلة، وما وصل إلينا من هذا التراث يؤكد سبق علماء الحضارة الإسلامية الأوائل إلى الكثير من الآراء والنظريات العلمية التي ينسب معظمها الآن إلى علماء الغرب وحدهم، ولا تزال جهود المخلصين وأبحاثهم تكشف عن حالات الغش العلمي والفكري التي وقع فيها بعض النقلة ومؤرخي العلم والحضارة وضللوا بها أجيالاً متعاقبة بعد أن دسُّوها في الكتب والمؤلفات على أنها حقائق علمية وتاريخية لا تقبل الشك.

فإذا ذكرت " الجاذبية " رددوا اسم " نيوتن " وقصة التفاحة الشهيرة، وأغفلوا ما قاله الهمداني من أن الأرض كحجر المغناطيس تجذب قواه الحديد من كل جانب، وما قاله الخازن من أن هناك علاقة بين السرعة والمسافة والثقل. وإذا ذكرت الدورة الدموية، قالوا إن مكتشفها هو السير " وليم هارفي " وتعمدوا إغفال ما قاله ابن النفيس من أن الدم ينتقل من القلب إلى الرئة ليجدد الهواء، ولم يقل الأكسجين لأنه لم يكن قد اكتشف بعد، وإذا ذكرت الحصبة والجدري نسوا أن أبا بكر الرازي هو أول من تعرف عليهما وفرق بين المرضين في مراحلهما الأولى، وتناسوا أن كتاب الحاوي في الطب للرازي وكتاب القانون لابن سينا ظلا يدرسان

في جامعات أوروبا حتى عهد قريب.

وفي مجال الرياضيات قدم الخوارزمي علمًا جديدًا هو علم الجبر، وتوصل عمر الخيام إلى حل معادلة الدرجة الثانية، وأوجد غياث الدين الكاشي قانونًا لمجموع الأعداد الطبيعية المرفوعة إلى القوة الرابعة، واعترف علماء التاريخ الرياضي بأن هذا القانون لعب دورًا جوهريًا في تطور علم الأعداد، وينصف بعضهم الحقيقة عندما يرجع الفضل للكاشي في ابتكار نظرية ذات الحدين وتطوير خواص معاملاتها.

وأول ما يميز علم الرياضيات لدى علماء الحضارة الإسلامية هو الاستفادة المباشرة من الجانب العلمي والتطبيقي لنظريات العدّ والحساب والهندسة والجبر والمثلثات. بل إن هذا كان هدفًا أساسيًا عندهم بدافع من حرصهم على تنفيذ معاملاتهم وعباداتهم بما يرضي الله ورسوله طبقًا لمبادئ الإسلام الحنيف، ومن ثم كان التراث العلمي غنيًا بالمؤلفات في الوصايا والمعاملات وتحديد الأهلة وتحقيق جهة القبلة وتعيين مواضع البلدان. وقد ركز ابن الهيثم على الهندسة التطبيقية فعرف بالمهندس، وألف كتبًا ورسائل منها : " كيفية استخراج سمت القبلة في جميع أنحاء العالم "، و" علم الهندسة والمثلثات وحساب المعاملات "، و" ما تدعو إليه حاجة الأمور الشرعية من الأمور الهندسية ".

ولقد ساعد تقدم العلوم والمعارف الرياضية والهندسية على تقدم تكنولوجيا الهندسة المعمارية متمثلة في المباني والقصور والمساجد التي نهضت في الشرق والغرب، ولا يزال الغرب مغرمًا بخطوطها وزخارفها ودقة تنسيقها وضبط أشكالها. كذلك تقدمت تكنولوجيا هندسة الري لأن أعمال الري وتوزيع المياه تتطلب معرفة دقيقة بمستوى الأرض وانحدارها وبكمية الماء وسرعتها ومجراها، وبمواد البناء واختيار الأنسب منها لبناء السدود والتحكم في التوزيع.

وتميزت الدراسات النظرية للعلوم الرياضية عند المسلمين بأنها جرت وفق منهج علمي سليم يعتمد على الطريقة الاستقرائية في الوصول إلى المبدأ العام من ملاحظة التفاصيل، وذلك مثل ما فعل الخوارزمي عندما وضع معادلة جبرية تصلح لإيجاد حلول خاصة لمشاكل متشابهة، ثم جاء الرياضيون من بعده وعملوا على تطوير مثل هذه المعادلة وتعميمها، منطلقين من مسلمة أن وحدة الموضوع الجبري هي في عمومية العمليات الرياضية، وليس في عمومية الكائنات الرياضية، سواء كانت خطوطا هندسية أو أرقاما عددية. وبهذا استطاع ثابت بن قرة تعميم نظرية فيثاغورث لأي مثلث، وبرع الخيام في تصنيف وحل المعادلات ذات الدرجة الثالثة والرابعة، وعرف الجبر بأنه علم المعادلات. وظل هذا المنهج العلمي أسلوبًا لفكر الرياضيين حتى أصبح من أهم خصائص المعرفة العلمية والتفكير العلمي، وأدى في أواخر القرن الثامن عشر إلى اكتشاف معادلات التحويل التي تربط بين إحداثيات الموضع وإحداثيات معممة تكون مسافات أو زوايا، أو كميات تتصل بالمسافات والزوايا. وظهرت معادلات لاجرانج ومعادلات هاميلتون التي تتميز في العصر الحديث بسهولة استخدامها في استنباط وحل العديد من المسائل العلمية، وتستخدم كثيرًا في العصر الحاضر لارتباطها بنظرية وتطبيق علوم ميكانيكا الكم والميكانيكا الإحصائية والميكانيكا السماوية والكهروديناميكا وغيرها.

وفي الفيزياء أظهر الباحثون المعاصرون سبق علماء الحضارة الإسلامية إلى تحديد الكثير من المفاهيم العلمية في علوم الميكانيكا والبصريات وخصائص المادة والصوت. فعلى سبيل المثال، ربط ابن المرزبان في كتاب " التحصيل " بين الحركة والزمن فقال : " كل سرعة في زمان،لأن كل سرعة هي في قطع مسافة، ولو كانت حركة لا نهاية لها في السرعة لكان زمان لا نهاية له في القصر، فكانت الحركة لا في زمان ". كما عبر ابن ملكا البغدادي عن مضمون قانون الفعل ورد

الفعل قبل نيوتن بعدة قرون، فيقول : " إن الحلقة المتجاذبة بين المصارعين لكل واحد من المتجاذبين في جذبها قوة مقاومة لقوة الآخر، وليس إذا غلب أحدهما فجذبها نحوه تكون قد خلت من قوة جذب الآخر، بل تلك القوة موجودة مقهورة، ولولاها لما احتاج الآخر إلى كل ذلك الجذب ".

ويوضح فخر الدين الرازي فكرة الاتزان تحت تأثير قوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه فيقول في معرض شرحه لإشارات ابن سينا : "فالحبل الذي يجذبه جاذبان متساويا القوة إلى جهتين مختلفتين، لا يخلو إما أن يقال أن ما فعل واحد منهما فعلاً، وهو محال، لأن الذي يمنع كل واحد منهما عن فعله هو فعل الآخر ".

كذلك عرف علماء الحضارة الإسلامية خاصية الوزن النوعي للمواد الصلبة والسائلة وعينوها لبعض هذه المواد بدقة تطابق تقديرات علماء العصر الحاضر، بالرغم من اختلاف المستوى العلمي والتكنولوجي للآلات والأجهزة التي استعملت في العصرين. أما بالنسبة لعلم الصوت، فقد فهموا طبيعة الحركة التموجية وفسروا حدوث الصدى، وبحثوا في الموسيقى والآلات الموسيقية وأنواع الأنغام فيها. ومن أوضح النصوص التي وردت في أصول الكتب العربية عن طبيعة الصوت ما ذكره ابن المرزبان في كتابه " التحصيل " من أن " الصوت أمر يحدث من تموج الجسم السيال الرطب كالهواء والماء منضغطا بيم جسمين متصاكين متقاومين. وأما الصدى فإنه يحدث من تموج يوجبه هذا التموج إذا قابله شيء من الأشياء كجبل أو جدار حتى دفعه لزم أن ينضغط أيضًا بين هذا التموج المتوجه إلى قرع الحائط أو الجبل، وبين ما يقرعه هواء آخر يرده ذلك ويصرفه إلى خلف بانضغاطه ويكون شكله شكل الأول وعلى هيئته ".

وفي الفلك والأرصاد وضع علماء الحضارة الإسلامية أصول نظريات

وعلوم حديثة عن الظواهر الفلكية المختلفة والظواهر الجوية، وكان للنظريات والأزياج التي وضعوها أكبر الأثر في النتائج التي جمعها " تيكو براهي " واستخدمها من بعده كبلر في صياغة قوانينه المشهورة عن حركة الكواكب، وترتب على ذلك كله استنتاج نيوتن لقانون الجاذبية، ثم تطور علم الميكانيكا الكلاسيكية إلى الميكانيكا النسبية والميكانيكا السماوية وتقدم أبحاث الفضاء التي يزهو بنتائجها عالمنا المعاصر.

وفي ظل تقدم علم الفلك والأرصاد انتعشت الملاحة البحرية، فوضع أحمد بن ماجد " كتاب الفوائد في أصول علم البحر والقواعد "، وأوضح فيه كيف يستعين الربان بمنازل القمر والجهات التي تهب منها الرياح وطلوع عدد من الكواكب والنجوم ومغيبها. وتؤكد البحوث الحديثة أن أوروبا تعرف لملاحي الحضارة الإسلامية سبقهم في ارتياد البحار والمحيطات ومهارتهم في قيادة السفن وتفادي العواصف والأعاصير والتنبؤ بحدوثها. ولهذا ظلت الملاحة في البحرين الأبيض والأحمر وفي المحيطين الهندي والهادي اختصاصا عربيًا إسلاميًا حتى مطلع العصور الحديثة.

أما الكيمياء فيجمع المؤرخون على أنها تحولت في عصر النهضة الإسلامية من الصنعة الخرافية إلى العلم التجريبي بفضل الكثيرين من أمثال جابر بن حيان والرازي وابن سينا والهمداني والجلدكي وغيرهم، الذين حققوا الكثير من الاكتشافات الكيميائية مثل صناعة الآلات والأجهزة المستخدمة في التجارب الكيمائية كالمنفخ والكور والبوتقة والماشة والقناني والمستوقد والأنبيق وغيرها، وكشف العديد من المركبات الكيمائية مثل حمض الكبريتيك وحمض النيتريك وكربونات الصوديوم ونترات الفضة وحمض الخليك وكبريتيد الانتيمون، ومعرفة العديد من العمليات الكيميائية كالترشيح والتبخير والتقطير الجزئي والتصعيد

والتبلور والإذابة والطبخ والتملغم وغيرها. كذلك استخدموا الميزان في التقـديرات الكمية، ووضعوا أساس قانون النسب الثابتة في الاتحاد الكيمائي بالتوصل إلـى أن المواد الكيميائية لا تتفاعل مع بعضها إلا بأوزان معينة. أيضًا بحثـوا فـي مجـال التعدين وتحضير بعض السبائك من المعادن المختلفة بنسب محددة، واستفادوا مـن خصائص بعض المواد في مجال الكيمياء التطبيقية، كاستخدام الفحم الحيواني لأول مرة في قصر الألوان، ولا تزال هذه الطريقة تستعمل في إزالة الألـوان والـروائح من المواد العضوية.

وفي مجال العلوم الطبية أخذ علماء الحضارة الإسلامية بنظـام التخـصص واهتموا بعلم التشريح المقارن كأساس لكل فروع الطب. ولم تكن مؤلفات الإغريـق في التشريح هي المصدر الوحيد لهؤلاء العلماء كما يدعي البعض، ولكنهم اعتمـدوا في استخلاص النتائج على المشاهدات الشخصية والتجارب الذاتية. كـذلك اهتمـوا بعلم الجراحة ورفع شأنه بين فروع الطب، وأظهروا دراية فائقة بجراحة الأجـزاء الدقيقة من الجسم كالأعصاب والعظام والعيون والأذن والأسنان واستئصال الأورام الخبيثة وغيرها، واكتشفوا العديد من الأمراض ووصفوا أعراضها وطرق علاجها. أيضًا اهتموا بطب الأمراض العصبية وأثر الوهم والعوامل النفـسية فـي أحـداث الأمراض العضوية.

واهتم علماء الحضارة الإسلامية بالصيدلة كعلم مستقل عن الطب ووضـعوا علم الأقرباذين ودستور الأدوية، واكتشفوا العديد من العقاقير التي لا تزال تحـتفظ بأسمائها العربية في اللغات الأجنبية مثل الحنـاء والحنظـل والكـافور والكمـون وغيرها. وقاموا بتحضير أدوية جديدة من أصـول نباتيـة ومعدنيـة وحيوانيـة، وابتكروا المعالجة المعتمدة على الكيمياء الطبية. ويعتبر الـرازي أول مـن جعـل الكيمياء في خدمة الطب، فاستحضر الكثير من المركبات التي لها قوة شفائية مثـل

استخراج الكحول باستقطار مواد نشوية وسكرية مختمرة، واستعمال مركبات الزئبق كعقار ضد بعض الأمراض وكشف المواد الكاوية وملح النشادر ونترات الفضة والبوتاسيوم والزرنيخ وغيرها. كذلك اخترعت الأشربة والمستحلبات والخلاصات العطرية، وغلفت الأدوية المرة بغلاف من السكر أو عصير الفاكهة لكي يستسيغها المرضى، أو بغلاف من الذهب والفضة المفيدين للقلب كما فعل ابن سينا. أيضًا، توصلوا إلى عمل الترياق المؤلف من عشرات الأدوية، وقاموا بإجراء البحوث والاختبارات على الأدوية قبل استعمالها لمعرفة طبائعها ومدى صلاحيتها وقوة تأثيرها وأثارها الجانبية وقوتها الشفائية، وهذه كلها أمور لازالت تهم الباحثين حتى الآن في المختبرات الطبية ومعامل الأقربازين والعلوم الصيدلية.

ومن يتتبع انجازات الحضارة الإسلامية في مجال العلوم الطبيعية سيجد أن علماءها فطنوا إلى سر تقدم المعرفة بعثورهم على المنهج العلمي التجريبي الذي اصطنعوه أساسًا للبحث والتفكير، فكان هذا أعظم هدية قدمتها الحضارة الإسلامية لتاريخ البشرية كلها، بل إنهم كانوا أسبق من الغربيين المحدثين إلى نقد منطق أرسطو الصوري العقيم، واستطاعوا أن يميزوا بين طبيعة الظواهر العقلية الخالصة من جهة والظواهر المادية الحسية من جهة أخرى، وعلموا أن الوسيلة أو الأداة التي تستخدم في هذه الظواهر يجب أن تختلف حسب طبيعة كل منها، وقالوا بالاستقراء الحسي الذي يأتي بالمعارف الجديدة والذي يصلح للبحث في الظواهر المادية الطبيعية. واتجه علماء الحضارة الإسلامية إلى هذا المنهج الجديد الذي يستند إلى الملاحظة والتجربة في دراسة الظواهر الطبيعية توطئة لوضع قوانين عامة في تفسير الوقائع الكونية، ولهذا نراهم أحرزوا تقدمًا ملموسًا في كثير من العلوم الطبيعية.

ولم يمنع تحامل بعض المؤرخين على الحضارة الإسلامية من وجود باحثين

غربيين أعلنوا في أمانة علمية أنهم كانوا كلما أوغلوا في دراسة التراث العلمي لهذه الحضارة ازدادوا إعجابًا بها وتقديرًا لها، فمنهم من يقرر بأن جابر بن حيان له في الكيمياء ما لأرسطو في المنطق، أو أن البتاني من العشرين فلكيًا المشهورين في العالم كله، وأن أبا الريحان البيروني أعظم عقلية في التاريخ، وأن أبا بكر الرازي هو جالينوس العرب، ويقول سيديو عنهم : " إن أفكارهم القيمة وابتكاراتهم النفيسة تشهد بأنهم أساتذة أهل أوروبا في جميع فروع المعرفة "، ويقول كاربنسكي : " إن العلوم الحديثة قد دلت على عظم ديننا للعلماء المسلمين الذين نشروا نور العلم حينما كانت أوروبا غارقة في ظلمات القرون الوسطى، وأن العرب لم يقتصروا على نقل علوم الإغريق، بل زادوا عليها وقاموا بإضافات هامة فيها ".

وأهمية علوم الحضارة الإسلامية تكمن في تميزها عن العلوم القديمة بأنها عالمية وليست محلية، لأنها نشأت في موطن يعتبر مركزًا للاتصال بين أفكار العالم المتباعدة، وانتشرت في دولة كبرى امتدت من حدود الصين شرقًا إلى حدود فرنسا غربًا في أقل من قرن من الزمان، وذلك بفضل الإسلام الحنيف، فتوافرت مقومات قيام ثقافة علمية إسلامية راقية، عناصرها العلوم بقوانينها وتقنياتها، والقيم الإسلامية بتأثيراتها وتوجيهها، والفكر البشري بتاريخه ومناهجه والمجتمع الإنساني بنظمه وسلوكياته.

(ج) **عصر النهضة الأوربية** :

في الوقت الذي كانت فيه الحضارة الإسلامية قد بلغت أوج تقدمها وازدهارها، كان المجتمع الأوروبي يحيا حياة تتسم بالتخلف والجمود والانحطاط في جميع مجالات الحياة، وأطلق على هذه الفترة اسم " العصور الوسطى ".

ويرى المؤرخون أن هذه الفترة امتدت من نهاية القرن الرابع الميلادي وظلت معظم معالمها وأغلب ظواهرها باقية ما لا يقل عن عشرة قرون، إلى أن

انبثقت أحوال أخرى في فكر الناس ومعالجتهم لشئون حيـاتهم. ودخلت أوروبـا عصر النهضة الحديثة بعد فترة انتقال استمرت زهاء قرنين مـن الزمـان، لمعـت خلالها بعض الشخصيات الأدبية والفكرية والسياسية والدينية التي ثارت على كـل مظاهر الانحطاط خلال العصور الوسطى.

وعصر النهضة وصف يطلق على تلك الحقبة التي نشطت فيها حركة إحيـاء العلوم والآداب والفنون القديمة في إيطاليا، ثم في الدول الأوربية الأخرى بعد ذلك. ووسط حماسة العلماء والفنانين والمفكرين في إيطاليا آنذاك ساد لديهم اعتقاد مؤداه أن الحضارة الحقيقية التي زالت بسقوط الإمبراطورية الرومانية إنما تم إحياؤها بفضل جهودهم، ومن ثم أطلقوا على هذه النهضة اسم " رينيسانس "، أي الإحياء. ونتيجـة لذلك راحوا يحتقرون كل ما ظهر قبلهم من حضارات وينكرون كل تقدم فني أو أدبي أو علمي أحرزه علماء الحضارة الإسلامية، في الوقت الذي كانوا ينهلون فيه مـن نبعها الصافي وعلومها الجديدة. لكن المنصفين من مؤرخي العلم والحضارة يؤكدون أن من أهم العوامل التي ساعدت على ظهور النهضة الأوربية وانتشارها في جميع أنحاء أوروبا، كان اتصال الأوربيين بمراكز الحضارة العربية الإسلامية، سواء أيام الحروب الصليبية حيث استمر الاتصال الحضاري بالشرق مدة قرنين من الزمن، أو أيام حكم العرب للأندلس حيث ساد ما يقرب من ثمانية قرون، أو حكمهم لجزيـرة صقلية ما بين منتصف القرن التاسع وأواخر القرن الحادي عشر.

وقد تأثر الأوربيون بالحضارة الإسلامية فلجأوا إلى دراسة ثقافتها، واقتبـسوا منها الشيء الكثير، ولاسيما في مجال الفنون والعلوم الطبيعيـة. ونـشطت حركـة الترجمة من اللغة العربية واللغات القديمة إلى اللغة اللاتينية التي كانت وحدها لغـة الأدب والعلم والدين، ولكن عندما زاد اهتمام الأوربيين بلغاتهم القومية كالإيطاليـة والإنجليزية والفرنسية والألمانية والإسبانية، بدأوا في كتابة أبحاثهم ومؤلفاتهم بهـذه

اللغات، ومن ثم انتقلت المعارف المتنوعة إلى الشعوب الأوربية في سهولة ويسر. وكان لاطلاعهم على الكتب المترجمة من الإغريقية إلى العربية أكبر الأثر في تنبيههم إلى أهمية تراث الإغريق والرجوع إليه ومحاولة الاستفادة من تراث حضارات العصور القديمة بالإضافة إلى تراث الحضارة الإسلامية، والاجتهاد في إدخال تعديلات هامة مع ظهور عنصر الابتكار والتجديد والوصول إلى مزيد من المعرفة حول حقيقة كل شيء في الوجود. من ذلك يتضح أن النهضة الأوربية الحديثة في حقيقتها ما هي إلا ثورة على كل مظاهر الانحطاط في العصور الوسطى، واقتباس من الحضارات السابقة، بما فيها الحضارة الإسلامية، وصياغة جديدة للمعرفة بما يلائم العقلية الجديدة المتحررة من كل القيود لفتح الطريق أمام تقدم حضاري في جميع المجالات.

وواصلت النهضة الأوربية نجاحها بمساعدة عوامل أخرى من بينها ظهور الطباعة الذي ساعد على سهولة طبع المخطوطات والكتب القديمة والجديدة، فأصبحت أكثر انتشارًا وتداولاً، وقد كانت صناعة الورق عاملاً مساعدًا على جانب كبير من الأهمية. كذلك كان للأسفار والرحلات أكبر الفائدة في تجميع المعلومات وتزايد الاكتشافات، مثل رحلة ماركو بولو في بلاد المغول، وكريستوفر كولمبس في العالم الجديد، وفاسكودي جاما في جزر الهند الشرقية، وماجلان حول العالم.

أيضًا، انتشرت الجامعات في باريس وأكسفورد وبولونيا وغيرها، كما أنشئت الأكاديميات والجمعيات العلمية التي تجمع بين ذوي الاختصاص الواحد من المشتغلين بفرع معين من فروع المعرفة العلمية وتفيد من نشاطهم في الاستزادة من المعرفة وتطويرها. وهذا من شأنه أن يؤدي إلى إذكاء الروح العلمية ورفع مستوى الثقافة والفكر. وتعتبر أكاديمية العلوم الفرنسية والجمعية الملكية البريطانية من أقدم الجمعيات العلمية التي ظهرت في أوروبا في النصف الثاني من القرن السابع

عشر، وأعقب ذلك ظهور جمعيات علمية أخرى في إيطاليا وألمانيا والدانمرك وغيرها. وفي القرن التاسع عشر زاد عدد الجمعيات العلمية كثيرًا ولكنها غدت أكثر تنوعًا وتخصصًا، وأطلقت عليها أسماء تناسب التخصصات الدقيقة لأعضائها، فهذه للكيمياء وتلك للفيزياء أو الرياضيات أو النبات أو الحيوان أو الجيولوجيا، ومنذ ذلك الحين والجمعيات العلمية تسهم بشتى الوسائل في تقدم البحث العلمي ونشر أنباء الكشوف العلمية عن طريق إصدار المجلات والدوريات العلمية والإشراف على إقامة المتاحف وتزويد المعاهد والمختبرات بأجهزة البحث وأدواته.

ومن أشهر الممثلين لعصر النهضة الأوربية نذكر " روجر بيكون " الذي درس في أكسفورد وباريس وتعرف على علوم الحضارة الإسلامية وأعجب بها كثيرًا، مما جعله يكرس حياته للدعوة إلى المنهج التجريبي، بعد أن وجده سمة العلوم الطبيعية في الحضارة الإسلامية، ووصلت به الجرأة في تحرير الفكر إلى العمل على الغض من تقديس أرسطو، والحث على الاتصال بالواقع اتصالاً مباشرًا لاستخلاص الحقائق، والاعتماد على التجربة بدلاً من التسليم بما يقول به القدماء سواء أرسطو أو غيره. وكان يقول أنه بإتباع المنهج التجريبي، الذي كان له الفضل في تقدم العرب، فإنه يصبح بالإمكان اختراع آلات جديدة تيسر التفوق عليهم .. ففي الإمكان إيجاد آلات تمخر عباب البحر دون مجداف يحركها، وصنع عربات تتحرك بدون دواب الجر، وإيجاد آلات طائرة يستطيع المرء أن يجلس فيها ويدير شيئًا تخفق به أجنحة صناعية في الهواء مثل أجنحة الطير.

وهناك أيضًا من علماء النهضة الأوربية " فرنسيس بيكون " الذي واصل دعوة سميه " روجر بيكون " إلى اتباع المنهج التجريبي في البحث والتفكير العلمي، ووضع كتابه " الأورجانون الجديد " يرد على منطق أرسطو ويقنن فيه قواعد وأصول هذا المنهج، بعد أن أثبت علماء الحضارة الإسلامية أثره في تحصيل العلوم

الجديدة بممارستهم الفعلية له، وهناك كذلك دافنشي وديكارت وجلبرت وجاليليو وهارفي وكوبورنيكوس ونيوتن وغيرهم.

ومن أهم إنجازات عصر النهضة الأوربية ما أثبته كوبرنيكوس من أن الشمس هي مركز العالم وأن الأرض مجرد كوكب تابع لها يدور حولها، مما ساعد تيكو براهي وكبلر ونيوتن على صياغة قوانين كمية لوصف حركة الكوكب وجاذبيتها. وساعد تقدم العلوم على استقلال فروعها الجزئية، فانفصل الفلك عن الفلسفة، واستقلت الفيزياء بفضل جاليليو ونيوتن، وانفصلت الكيمياء بفضل أبحاث لا فوازية، وانفصل التاريخ الطبيعي فضل أبحاث كلود برنار، وأصبحت العلوم الجزئية لها موضوعاتها المتخصصة التي تتعمق في بحثها، فانتهى بذلك، أو كاد، عصر العلم الموسوعي الشامل الذي تميز به القدماء، وبزغ فجر التخصص الدقيق.

ويبدو أن الحياة الثقافية في عصر النهضة الأوربية قد مرت بما تمر به الأمة العربية والإسلامية اليوم من اتجاه نحو الجمع بين الأصالة والمعاصرة، فكانت الأصالة بالنسبة لهم متمثلة في استعادة الآداب والفلسفة اليونانية وكانت المعاصرة عندهم تعني اكتشاف الفرد وصياغة قيم ومعايير إنسانية جديدة عن طريق التساؤل والبحث لاكتشاف العالم وغزوه والإفصاح عنه. لكنهم لم يلبثوا أن انهمكوا تدريجيًا في البحث عن العلوم بصفة رئيسية، وانبهروا بالاكتشافات العلمية التي لم تخطر لهم على بال، حتى وصل بهم الحال إلى اصطناع فلسفات علمية تضع الفلسفة تحت وصاية العلم عند المرحلة التي بلغها من تطوره.

(د) **حضارة العلوم والتكنولوجيا المعاصرة** :

لقد تطورت العلوم تطورًا كبيرًا بفضل الاتجاه العلمي الذي انتهجه الباحثون إبان عصر النهضة الأوروبية، وأدى ذلك إلى قيام ثورة صناعية هائلة تمثلت في إقامة المصانع الآلية لتحويل المواد الخام إلى منتجات صناعية بكميات كبيرة. وصاحب قيام

هذه الثورة الصناعية ثورة تكنولوجية دخلت بالعلوم في أكناف منهج جديد. وذلك هو أدق المعاني لكلمة " تكنولوجيا "، إذ هي كلمة تعني — حكمًا بمقطعيها اللذين تتكون منهما — " علم بواسطة الأجهزة "، ثم حدث بعد ذلك أن أدت العلوم الناتجة بواسطة الأجهزة إلى صناعات آلية كثيرة. فأصبحت كلمة تكنولوجيا تعني العلاقة المتبادلة بين العلوم ومنتجاتها التطبيقية واستخداماتها العملية، ومن هنا توصف الحضارة المعاصرة بين ما توصف به — بأنها حضارة التكنولوجيا.

والحالة الراهنة للعلوم والتكنولوجيا وليدة طفرة علمية هائلة وأوضاع ثقافية جديدة مرّ بها عالمنا مع بدايات القرن العشرين، وذلك باكتشاف نظرية الكم على يد "بلانك" عام ١٨٩٩، واكتشاف التحلل الإشعاعي على يد " رذرفورد " و" سودي " عام ١٩٠٣م، واكتشاف " أينشتين " لنظرية النسبية بعد ذلك بقليل. وأدت هذه الكشوف إلى وحدة كاملة بين الفيزياء والكيمياء، ولفتت الأنظار إلى عالم جديد لا تلائمه التصورات العلمية التي سبق التسليم بها لوقت طويل، خصوصًا بعد أن أحرزت العلوم البيولوجية بعض النتائج التي أوجدت مقارنة بين النظم الحيوية والنظم الآلية.

وقد كان للنظرة العلمية السائدة التي تدخل فيها نتائج العلوم السابقة وتقنياتها، أثرها البالغ في المكتشفات العلمية الجديدة، فمن جهة قدمت التكنولوجيا أدوات وأجهزة علمية عالية الكفاءة مثل الميكروسكوب الإلكتروني والتلسكوب اللاسلكي والحاسب الإلكتروني، مما أدى إلى إتاحة فرص أكثر لكشف وقائع جديدة وإعادة النظر في مدى دقة النتائج القديمة. ومن جهة أخرى، أدت السرعة المتزايدة في تقدم التكنولوجيا إلى ضرورة الإسراع في تغيير صورة المعرفة المألوفة القائمة على مبدأ الحتمية الصارمة المستمدة من قوانين الميكانيكا الكلاسيكية. وأكد هذه الضرورة ما أسفرت عنه كشوف هايزنبرج في مبدأ " عدم اليقين " وكشوف أينشتين في نظرية النسبية وفكرة " إطار الأسناد " في قياس الزمن، وانهار على

أثرها مبدأ الحتمية والفلسفات المبنية عليه، ونشأت في مقابلها مذاهب فلسفية أخرى.

وأمام مطالب الدولة والمجتمع، وإلحاح الإنتاج الاقتصادي والجهد الحربي، بدأ الإحساس بالقلق والتوتر في الزحف إلى واقع الحياة، ولم يعد البحث العلمي يجري وفق مخططات العلماء أنفسهم هادئًا متأنيًا، لكنه أصبح سلاحًا تنفق عليه الدول في سعة، فارضة عليه إيجاد حلول لمشكلاتها في الإنتاج والحرب. وهنا تضخم الباعث العلمي على الباعث العقلي، ونشأت مفارقة حادة مازالت تواجه الناس اليوم وهي أنهم أصبحوا قادرين على تغيير العالم بسرعة تفوق فهمهم لما يفعلون. ذلك لأن العلم لم يعد نشاطًا منزويًا تمارسه فئة قليلة من البشر، بل أصبح مؤسسة اجتماعية متعددة الفروع تخدم مصالح الدولة والأفراد بصورة مباشرة، وغدا جزءًا متكاملاً من أجهزة الإنتاج في الصناعة والزراعة وشئون الحكم والإدارة، كما أصبحت مناهجه وأفكاره هي الصورة السائدة للفكر والعمل في زماننا. وكاد العلم يصبح صناعة رئيسية ثقيلة في مجتمعات عصرنا، ومتى اتصل العلم بالصناعة، فإنه لابد متأثر بالاتجاهات والمصالح السياسية والاقتصادية. وإذا كان العلم قد قرَّب المسافات بين البشر بحيث استطاعوا أن يتبادلوا التأثر والتأثير، فإن هذا التقارب نفسه قد أدى إما إلى إحكام الصلة بين لبشر، وإما إلى حملهم على مواجهة بعضهم بعضًا.

ولو تأملنا الكشوف والبحوث التي تجرى الآن على قدم وساق في مجالات عدة، لوجدنا أنها ستغير من النظرة الراهنة إلى وضع الإنسان في هذا العالم، بعد أن أزيحت الأرض عن مركز الكون وجعلها العلماء تقنع بمكان ضئيل على حافة طريق لبنى صغير. وإذا أمكن التوصل – مثلاً – إلى اكتشاف كائنات عضوية حية أذكى منا وأقوى وأكمل، فلنا أن نتخيل مدى التحول الذي سيطرأ على وعي الإنسان وتصوره لنفسه وللعالم.

القسم الثاني

تطور العلوم الأساسية

٥

علوم الرياضيات

نبذة تاريخية :

علوم الرياضيات من أقدم العلوم التى عرفها الإنسان واستخدمها فى حياته بصورة مباشرة عندما احتاج إلى العمليات الحسابية والمقاييس فى معاملاته ونشاطاته ، وكأى شئ يبدأ بسيطاً ثم يتطور كان الحساب والهندسة والجبر وعلم المثلثات هى أفرع علم الرياضيات التى تفوقت على بقية العلوم يقيناً ومنهجاً .. بل إنها كانت ضرورة لدراسة العلوم الأخرى وفهم فلسفتها . ولا شك أن المصريين القدماء هم أول من أسس علوم الرياضيات ، إذ لا يُعقل أن يشيدوا حضارتهم العريقة بأهراماتها الضخمة ومعابدها العظيمة دون أن يكونوا على دراية بمبادئ الحساب وأصول الهندسة . لكن اهتمام المصريين كان منصباً أساساً على الجانب العملى للعلوم ، ومن بينها علم الرياضيات ، وذلك على عكس الإغريق الذين اهتموا بالصياغات النظرية والتأملات الفلسفية ، فبعد أن شاهد فيثاغورث انجازات المصريين وروعتها قام باستخلاص المبادئ النظرية التى قامت عليها ، مستعيناً بأفكاره العقلية ، وتوصل إلى نظريته الشهيرة المعروفة باسمه ، ولذلك اعتبره المؤرخون من أوائل المؤسسين لعلم الرياضيات . وعندما جاء الإسلام وحمل العرب لواء الحضارة وإثراء الفكر البشرى كان اهتمامهم منصباً على الجانب النظرى والعملى معاً ، لذلك تمكنوا من إضافة الكثير إلى علوم القدماء واستحدثوا علوماً جديدة كان لها أعظم الأثر فى دفع الخطى وحثها نحو حضارتنا المعاصرة .

وفى استعراض سريع لتاريخ علوم الرياضيات فى العصور القديمة نجد أن أول ما بدأ به الإنسان هو العد بوحدات صغيرة لقلة الأشياء التى كان يملكها أو يحصل عليها فى المرة الواحدة، وكان يستعين بالحصى فى عملية العدد لكى لا ينسى ، ومن هنا جاء أصل كلمة " إحصاء ". وفى عصر الحضارة المصرية القديمة ارتقى علم الرياضيات إلى مستوى المعرفة الحقيقية ولكنه لم يتجاوز الأمور العملية المرتبطة بموضوع ما . وتحوى بردية الكاتب المصرى أحمس معلومات رياضية عن الحساب والهندسة والكسور وجمع المتواليات الحسابية والهندسية ، يعود تاريخها إلى حوالى خمسة آلاف سنة. وفى نحو ٢٩٥٠ ق.م. بنى المهندس المصرى أمحوتب هرم سقارة المدرج بدقة فائقة ، وبعد حوالى قرن من الزمان أمر خوفوا ببناء الهرم الأكبر الذى بقى إلى اليوم واحدة من عجائب الدنيا السبع تتجه زواياه اتجاهاً سليماً إلى الجهات الأربع الأصلية ، ولا يتعدى الخطأ فى أضلع المثلثات عند القاعدة واحداً من أربعة آلاف، ولم تكتشف الاختلافات فى انحدار السطوح وفى خطوط التقائها بسبب ضآلتها إلا بواسطة الأجهزة البصرية الحديثة.

وفى بلاد ما بين النهرين حاول البابليون والسومريون بناء الأعداد بناء منطقياً ودونوا الأرقام فى خانات تحفظ ترتيب الأعداد فى الآحاد والعشرات والمئات ، وعرفوا معادلات الدرجة الأولى ذات المجهول الواحد، ومعادلات الدرجة الثانية التى تحتاج فى حلها إلى معادلتين أنيتين إحداهما أو كلاهما من الدرجة الثانية، وحسبوا مساحة المستطيل وشبه المنحرف والمثلث القائم ، ولاحظوا أن محيط الدائرة ينقسم إلى ست أقواس وتر كل منها يساوى نصف قطر الدائرة وأن الدائرة يتشكل فيها ستة مثلثات متساوية الأضلاع ومقدار كل زاوية فيها ستون درجة . ووضع البابليون جداول للمربعات والمكعبات ودونوها فى صحف سنكرة المعاصرة لبردية أحمس ودوّن الساميون الأرقام والأعداد بالأحرف الهجائية التى

اخترعوها طبقاً للترتيب الأبجدى ، وعرفت عند الغرب باسم "حساب الجُمّل".

أما الهنود والصينيون فكانت لهم علامات مستقلة لتدوين الأرقام ، وكانت لهم دراية بالعلاقة بين الأعداد ٣ و ٤ و ٥ فى المثلث القائم الزاوية، وبحل مسائل المربعات . ويقال أن الهنود استعملوا النظام العشرى ، وأوجدوا الصفر والأرقام التى يستخدمها العالم اليوم، ولكنهم لم يستفيدوا منها إلا بعد أن أخذها العرب فى العصر العباسى واستخدموها فى حساباتهم وانتشرت من خلالهم إلى جميع أنحاء العالم بحكم تجارتهم واتساع دولتهم فى ظل الإسلام ، وأصبحت هذه الأرقام معروفة باسم "الأرقام العربية".

وأما اليونان والرومان فقد دونوا الأعداد بالعلامات والأحرف فزادوا من تعقيدها. وكان أثر المصريين والبابليين والسومريين والصينيين والهنود كبيراً ومتبادلاً مع اليونان والرومان . إلا أن علماء الإغريق تميزوا بنظرتهم الفلسفية المبنية على استخدام العقل والمنطق ، فقد جعل فيثاغورث من الرياضيات علماً عقلياً حراً لأنه ارتقى إلى المبادئ العليا وبحث عن المسائل بحثاً نظرياً مجرداً بواسطة العقل وحده ، ومن أهم ما ينسب إليه نظرية المثلث القائم الزاوية التى تنطبق عليها

٢	٧	٦
٩	٥	١
٤	٣	٨

نسبة الأعداد ٣، ٤، ٥ بعد تربيعها ، ونظرية مساواة زوايا المثلث إلى زاويتين قائمتين . وحدد فيثاغورث المفهوم الفلسفى للعدد وقيمته فى أن العدد يمثل مرتبة معينة بين عددين وقيمته تدل على النسبة العددية لحقائق الأشياء.

واستنبط الفيثاغوريون جدول الضرب ووضعوا جداول قائمة على المتواليات الحسابية والهندسية واهتموا ببناء المربعات السحرية التى إذا جمعت الأعداد فى خاناتها طولاً أو عرضاً أو توتيراً كان لها مجموع ثابت كما هو مبين. ويعزى إلى علماء الإغريق وضع أسس علم الهندسة وحساب المثلثات، فينسب إلى " ثاليس "

المتوفى عام ٥٤٥ ق.م نظريات كثيرة منها :

الدائرة ينصفها قطرها – الزاويتان عند قاعدة المثلث المتساوى الساقين متساويتان – إذا تقاطع خطان مستقيمان فكل زاويتين متقابلتين بالرأس متساويتان – الزاوية المحيطية المرسومة فى نصف دائرة تكون زاوية قائمة. وينسب إلى أويدوكسوس المتوفى عام ٣٥٥ق.م أن نسبة مساحتى دائرتين كالنسبة بين مربعى نصفى قطريهما، والنسبة بين حجمى كرتين كالنسبة بين مكعبى نصفى قطريهما. وله أيضاً نظرية إفناء الفرق التى تعنى التناقص التدريجى فى الفرق بين مساحة الشكل المنتظم متعدد الأضلاع المرسوم فى داخل دائرة ومساحة الدائرة كلما زادت أضلاعه ، ولكن لا يمكن أن تصل مساحته إلى مساحتها.

وبلغ علم الهندسة مستوى رفيعاً على يد مناقموس زميل أفلاطون الذى استخرج ما أسماه أبولّوينوس (توفى عام ٢٠٠ ق.م) فيما بعد بالقطع المكافئ والقطع الناقص والقطع الزائد ، وذلك نتيجة لقطع المخروط القائم الزاوية والحاد الزاوية والمنفرج الزاوية بسطح مستو يمر فى كل مخروط على زاوية قائمة على جانبه .

واستفاد أرسطو من معرفته بالرياضيات فى تنظيم فلسفته واتباع منهج علمى فى التفكير والمنطق .

وفى حساب المثلثات المستوية والكرية اشتهر أبرخوس (المتوفى نحو عام ١٤٠ ق.م) الذى وضع جداول لأوتار الأقواس تقارب جداول الجيوب . ومن بين العلماء الذين جاءوا إلى جامعة الإسكندرية اشتهر أرشميدس وإقليدس صاحب كتاب الأصول فى نظريات الهندسة المستوية والحلول الهندسية لمعادلات الدرجة الثانية ، إذ تنسب إليه عملية قسمة مستقيم إلى جزئين بحيث تكون مساحة المستطيل المكون من المستقيم وأحد الجزءين مساوية للمربع المنشأ على الجزء الآخر.

الرياضيات فى عصر الحضارة الإسلامية :

سنكتفى بعرض بعض النماذج العربية التى أثرت تأثيراً بارزاً فـــى ازدهـــار الفكر الرياضى وتقدمه فى الشرق والغرب وهى :

(١) كتاب "الجبر والمقابلة" لمحمد بن موسى الخوارزمى رئيس بيت الحكمـــة فى عهد الخليفة المأمون . وفى هذا الكتاب وضع الخوارزمى أصول علـــم الجبـــر وقواعده ، وخرج من نطاق الأمثلة المفردة إلى المعادلة العامة التـــى تـــسهل حـــل المسائل الحسابية المتشابهة طبقاً لقاعدة معينة ، وظلت كلمة "الجبر" الدالة على هذا العلم محتفظة بأصلها العربى فى جميع اللغات الحديثة ، وهى تعنى نقـــل الحـــدود السالبة من مكانها فى أحد طرفى المعادلة الجبرية إلى الطرف الآخر ، أما المقابلـــة فتعنى حذف الحدود المتساوية على جانبى المعادلة ، وجمع الحدود المتـــشابهة فـــى الطرفين ، **مثال ذلك :**

المعادلة الجبرية : س٢ + ٢س – ٥ = س

تصبح بالجبر : س٢ + ٢س = س + ٥

وتصبح بالمقابلة : س٢ + س = ٥

وعرف الخوارزمى جميع عناصر المعادلة الجبرية كما نفهمها اليوم ، فشرح معنى الحد المعلوم والمجهول والمطلق والعدد الأصـــم وفكـــرة الأس واللوغـــاريتم والكميات السالبة والموجبة والتخيلية ومعادلات الدرجة الأولى والثانية وطرق حلها، ثم انتقل بعد ذلك إلى الجانب العملى الخاص بتطبيقات الجبر فى الحيـــاة العمليـــة، وجعله كتاباً مستقلاً يشتمل على الكثير من الأمثلة المحلولة بطرق جبريـــة تمكـــن الناس من الاستفادة منها والقياس عليها فى مسائلهم المتعلقة بالمعاملات والوصـــايا والمواريث. وعن هذا الجزء التطبيقى قال الخوارزمى : "... وقد شـــجعنى الإمـــام

المأمون أمير المؤمنين على إيضاح ما كان مستبهمًا وتسهيل ما كـان مـستوعراً، فألفت من حساب الجبر والمقابلة كتاباً مختصراً حاصراً للطيف الحساب وجليله لما يلزم الناس من الحاجة إليه في مواريثهم ووصاياهم ، وفى مقاسـمتهم وأحكـامهم وتجاراتهم ، وفى جميع ما يتعاملون به من مساحة الأراضـى وتطهيـر الأنهـار والهندسة وغير ذلك من وجوهه وفنونه. وفى مقدمة الكتاب شرح الخوارزمى فلسفة التأليف العلمى فى عصره بكل جلاء ووضوح فقال :" ... ولم تـزل العلمـاء فـى الأزمنة الخالية والأمم الماضية يكتبون الكتب بما يصنّفون من صنوف العلم ووجوه الحكمة نظراً لمن بعدهم واحتساباً للأجر بقدر الطاقة، ورجاء أن يلحقهم من أجـر ذلك وذخره وذكره، وأن يبقى لهم من لسان الصدق ما يصغر فى جنبه كثيـر ممـا كانوا يتكلفونه من المؤونة ويحملونه على أنفسهم من المشقة فى كشف أسرار العلـم وغامضه : وهم إما رجل سبق إلى ما لم يكن مستخرجاً قبله فورّثه من بعده ؛ وإما رجل شرح مما أبقى الأولون ما كان مستغلقاً فأوضح طريقه وسهّل مسلكه وقـرب مأخذه ؛ وإما رجل وجد فى بعض الكتاب خللاً فلمّ شعثه وأقام أوده وأحسن الظـن بصاحبه غير راد عليه ولا مفتخر بذلك من فعل نفسه ".

ولا يصعب على القارئ أن يستخلص من هذه الفقرة ملامح الشخصية العلمية فى عصر النهضة الإسلامية متمثلة فى التحلى بأنبل الصفات وضرب المثل الأعلى فى حب العلم والمثابرة على البحث العلمى، والترفع عن الصغائر، والاجتهـاد فـى كشف أسرار العلم وغامضه، مما يعود على الناس بالنفع والخير، والابتعـاد عـن الغرور وتسفيه آراء الآخرين، والتمسك بالأمانة العلمية عند النقل أو النقد، والزهـد فى المال والسلطان، وابتغاء الأجر من الله تعالى .

وإذا كان أهم ما ينسب إلى الخوارزمى فى كتابه "الجبر والمقابلة" هو اكتشافه لعلم الجبر ونظرية الخطأين اللذين يعول عليهما كثيراً كأداة أساسية فـى التحليـل

العلمي الرياضي ، فإنه بالإضافة إلى ذلك أسهم في وضع أسس العلم التطبيقي الحديث باستخدام النماذج الرياضية والاستفادة من المشاهدات العملية .

ومن المسائل الست الجبرية التي نسب إليها الخوارزمي كل ما يعمل من حساب الجبر والمقابلة نكتفي هنا بما أورده الخوارزمي عن برهان إحداها ، وهي ما عرفت بمعادلة الخوارزمي على الصورة : س٢ + ١٠ س = ٣٩

رسم الخورازمي المربع أ ب جـ د الذي طول ضلعه س فتكون مساحته هي س٢ ثم نصف معامل س فصار خمسة ورسم من ذلك الضلعين د ى = ب ف = ٥ فوجد أن المساحة التي حصل عليها من

ي د أ
٥س | س٢
ج
هـ ب
٢٥ | ٥س
ك ط ف

المربع أ ب جـ د، والمستطيلين د جـ هـ ى، ب جـ ط ف تبلغ تسعة وثلاثين ويبقى إلى تمام المربع الأكبر مساحة مربعة مقدارها خمسة وعشرون ، وبذلك يكون الخوارزمي قد حل معادلته بطريقة إكمال المربع وإضافة ٢٥ إلى طرفي معادلته فتصبح :

س٢ + ١٠ س + ٢٥ = ٣٩ + ٢٥ = ٦٤

ويكون (س+٥)٢ = ٦٤

أي أن س + ٥ = ٨ . فتكون س = ٣

وتلقف الرياضيون معادلات الخوارزمي وحاولوا تطويرها وتعميمها ، فكان حل عمر الخيام لمعادلة الدرجة الثانية على الصورة أ س٢ + ب س = جـ هو :

$س = \sqrt{\frac{1}{4} ب^2 + جـ} - \frac{1}{2} ب$ بحيث أ = ١ وتبعاً لذلك

يكون حل معادلة الخوارزمى هو :

$$\text{س} = \sqrt{\frac{١}{٤}(١٠٠) + ٣٩} - \frac{١}{٢} \times ١٠ = \sqrt{٢٥ + ٣٩} - ٥ = \sqrt{٦٤} - ٥ = ٣$$

وجدير بالذكر أن حل عمر الخيام لمعادلة الدرجة الثانية هو نفس الحل الذى يدرس حالياً لطلاب المدارس والجامعات، بعد أن طوره الكرجي، على الصورة :

$$\text{س} = \frac{-\text{ب} \pm \sqrt{\text{ب}^{٢} - ٤\,\text{أ}\,\text{جـ}}}{٢\,\text{أ}}$$

وهو يؤول إلى حل الخيام عندما يكون أ = ١ . ويرجع إلى الخيام الفضل فى حل الكثير من مشكلات الحساب والجبر، وله رسالة هامة فى المعادلات ذات الدرجة الثالثة والرابعة.

أما طريقة الخطأين التى ابتكرها الخوارزمى لإيجاد الجذر الحقيقى التقريبى للمعادلة الجبرية أ س + ب = صفر فقد أوحت للعالم اليابانى سيكى كوا باكتشاف المحددات وساعدت بهاء الدين العاملى على اكتشاف طريقة الميزان .

وبهذا كان كتاب الجبر والمقابلة للخوارزمى كتاباً رائداً أثر فى الأجيال التالية لقرون عديدة ، واعتمدته أوربا مرجعاً أساسياً فى جامعاتها حتى القرن السادس عشر الميلادي بعد أن ترجمه إلى اللاتينية فى القرن الثانى عشر كل من أديلار الباثى Adelard of Bath وجيرار الكريمونى Gerard of Cremon وروبرت الشسترى Robert of Chester . وفى عام ١٩٣٧م قام الدكتوران على مصطفى مشرفة ومرسى أحمد بتحقيق وشرح نسخة مخطوطة عثر عليها فى أكسفورد عام ١٨٣١م .

ولكتاب الجبر والمقابلة شروح عديدة قام بها الكثير من العلماء العرب والمسلمين الذين اهتموا بتطوير هذا العلم والتأليف فيه والإضافة إليه مثل أبو الوفاء البوزجانى وأبوبكر الكرخى (أو الكرجى) ونصر الدين الطوسى وبهاء الدين العاملى وعمر الخيام والسموأل المغربى وعبدالله بن الحسن الحاسب وسنان بن

الفتح الحرانى وغيرهم. وعندما اطلع الغربيون على هـذه المعلومـات الرياضـية اتخذوا منها أساساً لدراساتهم ، واعتمد عليها كبار العلماء أمثال ليونارد البيـزاوى Leonard of Pisa وتارتـا جليـا Tartaglia وكـاردان Cardan وفيـرارى Ferrari وغيرهم فى تطوير موضوعات الجبر العالى وتقدم علم الجبر الحديث .

ولم يقتصر عمل الخوارزمى على الجبر والحساب ، بل بحث فـى الهندسـة وحساب المثلثات وعرف وحدة المساحة وأوجد مساحة بعض السطوح المستوية والمجسمات ومساحة الدائرة والقطعة ، وأشار إلى قوانين الحجـوم، وبحـث فـى النسب المثلثية، وعين قيمة النسبة التقريبية بدقة عالية.

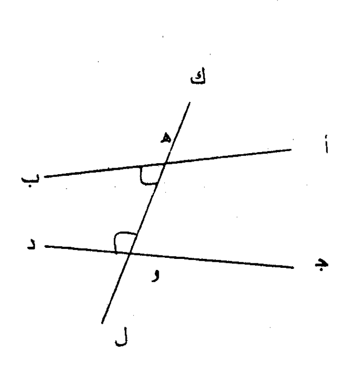
(٢) كتاب "الأصول الهندسية" لإقليدس. ترجمه إلى العربية حنين بن اسحق فأنجز بذلك عملاً عظيماً وأتاح الفرصة لكل من أتى بعده لكى يتعرف علـى أحـد فروع الرياضيات الذى يتعامل مع النقطة والخط والسطح والفراغ، ويعني بدراسـة الأشكال من حيث الحجم والمساحة . وكان الحجاج بن يوسف بن مطر الذى عـاش فى أيام الرشيد والمأمون قد قام بالترجمة والتعليق على كتاب الأصـول الهندسـية لإقليدس مرتين : الأولى أطلق عليها اسـم "الهـارونى" والثانيـة عرفـت باسـم (المأمونى) ، كذلك ترجم هذا الكتاب إلى العربية أبوالريحان البيرونى وكتب رسالة فى حل شبهة عرضت فى المقالة الثالثة عشرة.

وكتاب إقليدس يضم أصول جُلّ ما نعرفه اليوم عن الهندسة الإقليدية، ويقع فـى خمس عشرة مقالة، منها أربع مقالات فى السطوح الهندسـية، ومقالـة فـى المقـادير المتناسبة، وأخرى فى نسب السطوح بعضها إلى بعض ، وثلاث مقـالات فـى العـدد والتمثيل الهندسى ومقالة فى المنطق وخمس مقالات فـى المجـسمات. ولقـد فتحـت ترجماته العربية الباب أمام علماء الشرق والغرب لينهلوا من معينه حتى وقتنا الحاضر.

ولقد حظى كتاب إقليدس فى الهندسة باهتمام الرياضيين العرب والمسلمين فمنهم من قام بدراسته دراسة وافية شاملة ، ومنهم من اختصره وزاد على نظرياته وتفنن فى

البراهين وطرق حل المسائل ، ومنهم من ألف على نسقه وابتكر مسائل هندسية جديدة لازال بعضها يعرف حتى الآن باسم أصحابها مثل "مسألة ابن الهيثم" الشهيرة التي اكتشفها عندما بحث انعكاس الضوء بطرق هندسية، وذلك في كتابه "المناظر".

ولإيضاح المنهج العلمى لأسلوب علماء الحضارة الإسلامية فى البحث والتفكير سنبين طريقة تناولهم لنظرية الخطوط المتوازية التى تعرض لها إقليدس ونتتبع تطورها على أيديهم حتى ظهور الهندسات اللاإقليدية فى القرنين الثامن عشر والتاسع عشر. فقد اعتبر إقليدس فى "أصول الهندسة" أن المسلمات أو المصادرات Postulates الخمس التى تنطلق منها سائر العلوم الهندسية هى :



يمكن أن نخط خطاً مستقيماً بين أى نقطتين ، وأن نمد خطاً مستقيماً على استقامته، وأن نرسم دائرة على أى نقطة وبأى بعد ، وإن الزوايا القائمة كلها متساوية ، وإذا قطع خط مستقيم خطين مستقيمين آخرين فصيّر الزاويتين الداخلتين على جهة بعينها أنقص من قائمتين فإن المستقيمين يلتقيان فى تلك الجهة إذا مُدّا على استقامتيهما .

ونلاحظ أن المسلمات الثلاث الأولى ما هى إلا رسوم هندسية للخط المستقيم والدائرة، والمسلمة الرابعة تقرر حقيقة تساوى الزوايا القائمة وجعلها مقياساً تقاس الزوايا بها وتنسب إليها. أما المسلمة الخامسة فهى نظرية يتحقق فيها التقاء مستقيمين مرسومين على سطح واحد إذا تحقق شرط محدد. ويمكن توضيح هذه المسلمة بالشكل المبين بالرسم، حيث أ ب و ج د مستقيمان يقطعهما مستقيم ثالث ك ل في النقطتين ه ، و. فإذا كان ب ه و + د و ه < ١٨٠،

فإن المستقيمين $\overline{\text{أ ب}}$ و $\overline{\text{ج د}}$ يلتقيان حتماً إذا مُدّا على استقامتيهما بجهة $\overline{\text{هـ ب}}$ و $\overline{\text{و د}}$

وإذا كان المقصود بالمسلمة هو أنها قول أو حكم أو فرض يمكن قبوله والتسليم بصحته بدون حاجة إلى برهان ، فإن هذا المفهوم يمكن أن ينطبق على المسلمات الأربع الأولى ، ولكنه يحاط بالغموض والشك فيما يتعلق بالمسلمة الخامسة التى كانت هدفاً لنقد الرياضيين منذ ظهورها ، ورفضوا اعتبارها من القضايا التى يجوز التسليم بها دون برهان ، فقد يسلم المرء بأن فى إنقاص الزاويتين الداخليتين عن قائمتين ما يستلزم بالضرورة تقارب الخطين من جهة هاتين الزاويتين ، ولكن هذا وحده لا يكفى للجزم بأن الخطين لابد ملتقيان فى نقطة ما ، إذ من المعلوم أن هناك خطوطاً هندسية يقترب الواحد منها نحو الآخر باستمرار دون أن يلتقيا أبدا، مثل القطع الزائد والخطين المقاربين له .

إذن فالمسلمة الخامسة لأقليدس ما هى إلا فرض راجح الصدق ، ولما كان رجحان الصدق لا يكفى للإقناع فى الهندسة والرياضيات فلا مفر من البرهنة عليها. وبعد ترجمة كتاب إقليدس إلى العربية تصدى لشرح هذه المسلمة وبرهانها كثيرون مثل البيرونى وثابت بن قرة والحسن بن الهيثم وعمر الخيام ونصر الدين الطوسى والجوهرى وغيرهم . وكان كتاب ابن الهيثم " شرح إقليدس فى الأصول وشرح معانيه " من أهم المؤلفات التى أثارت العديد من المجادلات والمناقشات العلمية وفتحت الباب لمزيد من التأليف فى هذا المجال .

وألف ابن الهيثم رسالة خاصة بدراسة نظرية الخطوط المتوازية وضمنها محاولته لبرهان المسلمة الخامسة لإقليدس بمفاهيم جديدة تتناول الحركة والحسّ والتمييز وصاغها فى منطوق جديد مؤداه أن الخطين المتقاطعين لا يوازيان خطاً واحدا ، وتفهم عمر الخيام مفاهيم ابن الهيثم وانطلق منها إلى برهان جديد مستنتجاً أن مجموع زوايا أى شكل رباعى تساوى ٣٦٠° وأن مجموع زوايا أى مثلث

تساوى ١٨٠° . ثم جاء بعد ذلك نصر الدين الطوسى فى أوائل القرن الثالث عشر الميلادى وأظهر براعة فائقة فى معالجة المسلمة الخامسة من مسلمات إقليدس وقدم برهاناً جديداً على أن مجموع زوايا المثلث تساوى زاويتين قائمتين ، فتداولته كتب الهندسة التى تدرس فى جامعات العالم وقال عنه المؤرخون أنه بداية عصر جديد فى علم الرياضيات الحديثة .

(٣) كتاب "شكل القطاع" لنصير الدين الطوسى فى حساب المثلثات المستوية والكروية ، وهو أول كتاب يفصل علم حساب المثلثات عن علم الفلك وتطور فيه نظريات النسب المثلثية إلى ما هى عليه الآن ، وقد ترجم هذا الكتاب إلى اللاتينية والفرنسية والإنجليزية ، وبقى قروناً عديدة مصدراً لعلماء أوربا ومرجعاً هاماً يستقون منه معلوماتهم . ومن علماء الحضارة الإسلامية الذين أسهموا فى تطور حساب المثلثات نذكر أبا الوفاء البوزجانى الذى ابتكر طريقة لإنشاء جداول للجيوب فى المثلثات المستوية وأعطى جيب نصف الدرجة صحيحاً لثمانية أرقام عشرية، ووضع جداول لنسبة الظل التى أدخلها مع نسبتى القاطع وقاطع التمام، ونذكر أيضاً ابن يونس المصرى صاحب القانون الهام للفلكيين قبل اكتشاف اللوغاريتمات وفيه يمكن تحويل عمليات ضرب النسب المثلثية إلى عمليات جمع فيسهل بذلك حل كثير من المسائل الطويلة المعقدة. كذلك أسهم فى تطور حساب المثلثات وتطبيقاته كل من البيرونى والبتانى وجابر بن أفلح وثابت بن قرة وغياث الدين الكاشى وغيرهم .

بعض النظريات الرياضية لعلماء الحضارة الإسلامية :

(١) نظرية الأعداد المتحابة : وبمقتضاها يكون العددان متحابين إذا كان مجموع قواسم أى منهما مساوياً للعدد الآخر ، فالعددان ٢٢٠ ، ٢٨٤ متحابان لأن مجموع قواسم العدد ٢٢٠ هو :

٢٢٠ = ١ + ٢ + ٤ +٥ +١٠ +١١ +٢٢ +٢٠ +٤٤ +٥٥ +١١٠ = ٢٨٤

ومجموع قواسم العدد ٢٨٤ = ١+ ٢+ ٤ +٧١ +١٤٢ = ٢٢٠

وقد عرفهما فيثاغورث ، ثم أضاف العالم الرياضى الفرنسى فيرمات فى عام ١٣٣٦م العددين ١٧٢٩٦ و ١٨٤١٦ ، وفى عام ١٦٣٨م ابتكر ديكارت العـــددين ٩٣٦٣٥٨٤ و ٩٤٣٧٠٥٦ ، وفى عام ١٧٥٠م توصل العالم النمساوى أويلر إلى تسعة وخمسين زوجاً من الأعداد المتحابة لم يزد أحد عليها حتـــى عـــام ١٩١١م، عندما أضاف الرياضى الأمريكى زوجاً واحداً. ولو اطلـــع علمـــاء الغـــرب علـــى التراث الإسلامى لعلموا أن ثابت بن قرة قد فاقهم كثيراً عندما توصل إلـــى معادلـــة عامة يمكن بواسطتها معرفة أزواج كثيرة من الأعداد المتحابة يمكن أن تصل إلـــى المليون زوجاً إذا ما استخدمت الآلة الحاسبة فى عصرنا الحاضر.

(٢) نظرية الخطأين لإيجاد جذر المعادلة أس + ب = صفر ، وقد افتـــرض الخوارزمى لحلها قيمتين تخمينيتين للمجهول س هما $هـ_1$ ، $هـ_2$ ، كمـــا افتـــرض أن الخطأ فى القيمتين هو $و_1$ ، $و_2$ فيكون :

$$أ\,هـ_1 + ب = و_1 \qquad (١)$$

$$أ\,هـ_2 + ب = و_2 \qquad (٢)$$

وبطرح (٢) من (١) ينتج أن:

$$أ\,(هـ_1 - هـ_2) = و_1 - و_2 \qquad (٣)$$

وبضرب المعادلة (١) فى $هـ_2$ والمعادلة (٢) فى $هـ_1$ ينتج :

$$أ\,هـ_1 هـ_2 + ب\,هـ_2 = و_1 هـ_2 \qquad (٤)$$

$$أ\,هـ_1 هـ_2 + ب\,هـ_1 = و_2 هـ_1 \qquad (٥)$$

بطرح (٥) من (٤) يكون :

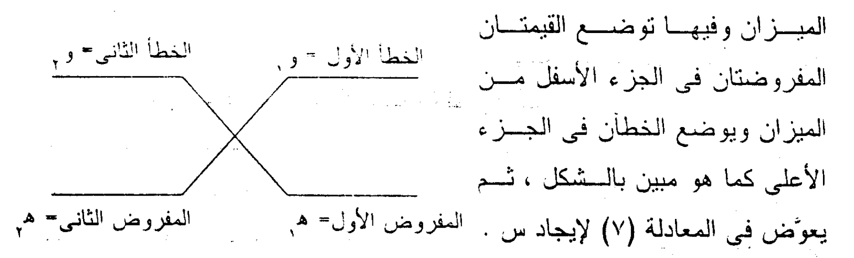
$$ب(هـ_2 - هـ_1) = و_1 هـ_2 - و_2 هـ_1 \qquad (٦)$$

بقسمة (٦) على (٣) ينتج أن :

$$س = \frac{-ب}{أ} = \frac{و_1 هـ_2 - و_2 هـ_1}{و_1 - و_2} \qquad (٧)$$

وهو جذر المعادلة المطلوب إيجادها.

وبعد ذلك جاء بهاء الدين العاملى واستنتج جذر المعادلة المذكورة بطريقة الميـزان وفيهـا توضـع القيمتـان المفروضتان فى الجزء الأسفل مـن الميزان ويوضع الخطأن فى الجـزء الأعلى كما هو مبين بالـشكل ، ثـم يعوّض فى المعادلة (٧) لإيجاد س .



واستخدم نيوتن طريقة الميزان للعاملى ثم ابتكر طريقة حديثة مبنيـة علـى **نظرية حساب التفاضل والتكامل** وتعرف الآن بطريقة نيوتن- رفسون Newton-Raphson method. وتجدر الإشارة إلـى أن طريقـة الخطـأين للخـوارزمى وطريقة الميزان للعاملى باستخدام نظرية المحددات للمعادلات الثلاث :

$$\left\{\begin{array}{l} \text{أس} + \text{ب} + 0 = 0 \\ \text{أ}\,\text{هـ}_1 + \text{ب} + \text{و}_1 = 0 \\ \text{أ}\,\text{هـ}_2 + \text{ب} - \text{و}_2 = 0 \end{array}\right. \longrightarrow \begin{pmatrix} \text{س}_1 & 0 \\ \text{هـ}_1 & -\text{و}_1 \\ \text{هـ}_1 & -\text{و}_2 \end{pmatrix}$$

فيكون :

$$\text{س} = \frac{\text{و}_1\,\text{هـ}_2 - \text{و}_2\,\text{هـ}_1}{\text{و}_1 - \text{و}_2}$$

يتضح من هذا التسلسل أن الخوارزمى والعاملى وضعاً أول مفهوم أو تصور لنظرية المحددات قبل أن يطورها سيكى كوا اليابانى وليبنز الألمانى فـى أواخـر القرن السابع عشر، ثم تزداد تطبيقاتها بعد ذلك عندما قام العالم الفرنـسى كوشـى بتعميمها فى القرن التاسع عشر الميلادي.

(٣) **نظرية ذات الحدين** : توصل إليها غياث الدين الكاشى عندما أوجد قانوناً لمجموع الأعداد الطبيعية المرفوعة إلى القوة الرابعة على الصورة :

$$(\text{س} + \text{ص})^4 = \text{س}^4 + 4\,\text{س}^3\text{ص} + \frac{4 \times 3}{2}\,\text{س}^2\text{ص}^2 + \frac{4 \times 3 \times 2}{2 \times 3}\,\text{س}\,\text{ص}^3 + \text{ص}^4$$

ويعترف علماء التاريخ الرياضى بأن هذا القانون لعب دوراً جوهرياً فى تطور علم الأعداد ، وينصف بعضهم الحقيقة عندما يُرجع الفضل للكاشي فى ابتكار نظرية ذات الحدين وتطوير خصائص معاملاتها. وعندما قام اسحق نيوتن بتعميم نظرية الكاشى إلى أى أس حقيقى، كسر أو عدد صحيح موجب أو سالب، نسب الغربيون إليه نظرية ذات الحدين على الصورة :

$$(\text{س} + \text{ص})^{\text{ن}} = \text{س}^{\text{ن}} + \text{ن}\,\text{س}^{\text{ن}-1}\,\text{ص} + \frac{\text{ن}(\text{ن}-1)}{2}\,\text{س}^{\text{ن}-2}\,\text{ص}^{2} + \ldots\ldots + \text{ص}^{\text{ن}}$$

(٤) نظرية مجموع مربعات ومكعبات الأعداد التى عددها ن لأبى بكر الكرجى:

$$\underset{\text{ر}=1}{\overset{\text{ن}}{\text{مجـ}}}\ \text{س} = \frac{\text{ن}\,(1 + \text{ن})}{2}$$

$$\underset{\text{ر}=1}{\overset{\text{ن}}{\text{مجـ}}}\ \text{س}^{2} = \frac{\text{ن}\,(1 + \text{ن})\,(1 + 2\text{ن})}{6}$$

$$\underset{\text{ر}=1}{\overset{\text{ن}}{\text{مجـ}}}\ \text{س}^{3} = \frac{\text{ن}^{2}\,(1 + \text{ن})^{2}}{4}$$

وكذلك قانون الكرجى لإيجاد الجذر التقريبى للأعداد التى لا يمكن إيجاد جذورها مثل :

$\text{م} = \text{ب}^2 + \text{جـ}$ فيكون $\sqrt{\text{م}} = \text{ب} + \frac{\text{جـ}}{2\text{ب} + 1}$ حيث $\text{ب} > \text{جـ}$

ويكون : $\sqrt{\text{م}} = \text{ب} + \frac{\text{جـ}}{2\text{ب}}$ حيث $\text{ب} \leq \text{جـ}$

مثـــال :

٧ = ٤ + ٣ حيث م = ب٢ + جـ

فيكون $\sqrt{٧} = ٢ + \frac{٣}{٤ + ١} = ٢,٦$

أما ١٠ = ٩ + ١ حيث م = ب٢ + جـ

إذا : $\sqrt{١٠} = ٣ + \frac{١}{٦} = ٣,١٦$

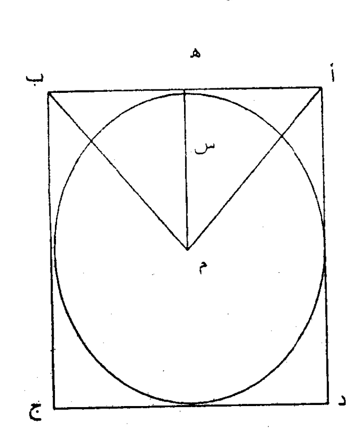
والقيمة الدقيقة ٣,١٦٢

و $\sqrt{١٧}$ = ٤,١٢٥ والقيمة السليمة ٤,١٢٣٠٦

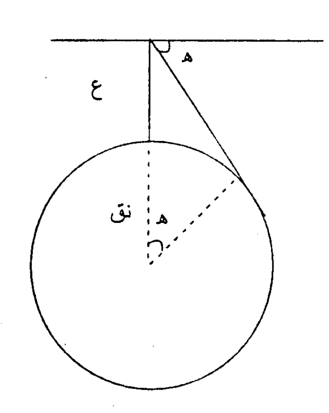
(٥) نظرية الخوارزمى لمساحات الأشكال متعددة الأضلاع وحساب مساحة الدائرة :

"مساحة كل شكل ذى أضلاع وزوايا متساوية تساوى حاصل ضرب نـــصف محيط ذلك المضلع فى نصف قطر أوسع دائرة تمس أضلاعه من الداخل".

البرهان:



إذا كان ضلع المربع ٢س فإن نـــصف قطـــر أوسع دائرة تمس أضلاعه من الداخل هو س ويكون حاصل ضرب نصف محيط المربع (وهو ٤س) فـــى نصف قطر الدائرة (وهو س) يساوى مساحة المربع وهو ٤س٢وتكون مساحة الدائرة تبعاً لذلك مـــساوية لحاصل ضرب نصف محيطها فى نصف قطرهـــا ، أى ط نق × نق = ط نق٢



(٦) نظرية البيرونى لإيجاد محيط الأرض :

أصعد جبلاً قمته على ارتفاع قدره ع عن سطح الأرض، ثم أرصد غروب الشمس وعين زاوية الانحدار عن الإفق هـ ، فإذا كان نصف قطر الأرض هو نق فإن :

$$\text{جتا هـ} = \frac{\text{نق}}{\text{نق} + \text{ع}}$$

ويكون $\text{نق} = \text{نق جتا هـ} + \text{ع جتا هـ}$

أي أن $\text{نق} (١ - \text{جتا هـ}) = \text{ع جتا هـ}$

وينتج أن $\text{نق} = \frac{\text{ع جتا هـ}}{١ - \text{جتا هـ}}$

ويكون محيط الأرض $= ٢ \text{ ط نق} = \frac{٢ \text{ ط ع جتا هـ}}{١ - \text{جتا هـ}}$

حيث $\text{ط} = \frac{٢٢}{٧}$

٦

علم البصريات

الضوء من الظواهر الطبيعية التي حظيت باهتمام الإنسان منذ بدأ يفتح عينيه على هذه الدنيا، وكان سؤاله بالذات عن طبيعة الضوء موضوعًا لتأملاته ودافعًا نحو إجراء التجارب للإجابة عليه. وتتبع قصة الإجابة على هذا السؤال يمكن أن يساعد على مزيد من الفهم لقوة العلاقة بين المنهج العلمي وتطور النظريات العلمية، الذي هو تطور العلوم عبر تاريخ طويل حافل بالكثير من العوامل المؤثرة في درجة الكشوف العلمية.

وإذا التزمنا بمراحل تاريخ العلم كما أوضحناها في فصل سابق، فإننا سنبدأ من عصر الحضارات القديمة، حيث كان الإغريق هم أول من وصلتنا آراؤهم في تعريف ماهية الضوء وتفسير عملية الإبصار. فقد قال أفلاطون بنظرية الشعاع التي تقضي بأن إبصار الموجودات يتم بخروج النور من عين الإنسان، فيحيط بالأشياء ويراها الإنسان. لكن أرسطو خالف أستاذه في هذه النظرية وقال بأن الإبصار يتم بانطباع صور الأشياء في البصر فتبصر العين تلك الأشياء دون أن يرد منها شيء للعين، إذ ليس للضوء وجود في ذاته، كما يراه أرسطو. أما أبيقور، فلم يقبل قول أفلاطون وأرسطو، وقرر فكرة الورود، ولكنه صاغها في صورة خيالية جعلها تفقد قيمتها العلمية، إذ أن للمرئيات في زعمه أشباحًا أو صورًا تنخلع عنها وتُبعث منها باتصال واستمرار، ويتم الإبصار بورود هذه الأشباح إلى العين. واختلف الرواقيون

عن معاصريهم من الأبيقوريين، في أنهم تصوروا أن العالم مكون من مادة وعقـل، وهذان ليسا سوى مظهرين لحقيقة واحدة، فلا عقل بلا مادة ولا مـادة بـلا عقـل. وفلسفة الرواقيين هذه مادية ترى أن فعل الجسم في الجسم أو تأثيره فيه لا يكون إلا بالاتصال المادي بين الجسمين أو بتلامسهما، وكذلك ينـشأ الإدراك مـن توسـط الحواس. ولهذا فالإبصار عندهم لا يكون إلا بالاتصال الفعلي المادي بـين العـين وبين الجسم المرئي، وذلك بأن يخرج من العين شعاع على شكل مخروط رأسه عند العين وقاعدته عند الجسم المرئي، فإذا لمس هذا الشعاع الجسم حدث الإبصار، وقد شاع هذا الرأي حتى سمي أنصاره " بأصحاب الشعاع ".

وهكذا نرى تعدد نظريات الإغريق في طبيعة الضوء وتفسير الإبصار. وهذا شيء طبيعي يمكن أن نفهمه في ضوء الثقافة السائدة في عصرهم والمـنهج الـذي اصطنعوه في البحث عن الحقيقة. فعندما يكون المذهب عقليًا صوريًا فقط، فإن كـل فريق يعتقد أن ما يقوله عقله هو الأصوب، طالما لم تكن هناك تجربـة يحتكمـون إليها، وكيف يحتكمون إلى الحواس وهي في رأيهم ليست مـن وسـائل تحـصيل المعرفة الحقيقية ؟

وكان يمكن أن تظل هذه الآراء سائدة حتى عصرنا هذا، فالمنهج الأرسـطي يوصف بأنه عقيم وأجدب لأنه لا يأتي بمعرفة جديدة. لولا أن جاء عصر الحضارة الإسلامية، الذي استمد فيه علماؤها منهجهم العلمي من دعوة الإسلام إلـى البحـث والتأمل في ظواهر الكون والحياة، وتعلموه من آيات كثيرة، مثل قوله تعالى: ﴿ أَفَلاَ يَنظُرُونَ إِلَى الْإِبِلِ كَيْفَ خُلِقَتْ (*) وَإِلَى السَّمَاءِ كَيْفَ رُفِعَتْ (*) وَإِلَى الْجِبَـالِ كَيْـفَ نُصِبَتْ (*) وَإِلَى الأَرْضِ كَيْفَ سُطِحَتْ ﴾ (الغاشية:١٧-٢٠). فجـاء الحـسن بـن الهيثم صاحب كتاب " المناظر " الذي يعتبر أول كتـاب يحـدث ثـورة فـي علـم البصريات ويجعل منه علمًا مستقلاً له أصوله وأسسه وقوانينه، وقد نشرت ترجمـة

هذا الكتاب إلى اللاتينية عدة مرات، واعتمدته جامعات أوربا مرجعًا أساسيًا لعدة قرون، وأثنى المنصفون من المؤرخين على دوره في تطوير نظرية الضوء والأجهزة البصرية بصفة خاصة، وتطور علمي الفلك والفيزياء بصورة عامة، وأكدوا على تأثيره البالغ في كثير من علماء عصر النهضة المعروفين مثل روجر بيكون وكبلر وغيرهما. وأهمية علم البصريات هذا الذي ينسب لعبقري الحضارة الإسلامية الحسن ابن الهيثم تكمن في أن أي تقدم يحرزه المتخصصون فيه ينعكس مباشرة على باقي فروع المعرفة العلمية، وهل تقدمت علوم الفلك والفضاء والكيمياء والطب والصيدلة والنبات والحيوان والجيولوجيا وغيرها إلا بتقدم الأجهزة البصرية وأبحاث الضوء والبصريات ؟

لقد استطاع الحسن بن الهيثم أن يضع حدًا للخلافات القديمة التي لم تتوصل إلى اتفاق حول تفسير عملية الإبصار، وانطلق من مبدأ عام هو القول بوجود العالم الخارجي وجودًا في ذاته خارج الذهن وخارج النفس، وأن الحواس أدوات إدراكه. ومن ثم أعزى إحساس البصر إلى عامل أو مؤثر خارجي له في ذاته وجود عيني، وأسماه " الضوء ". ولقد قاده هذا المنطلق بشكل طبيعي إلى استبعاد فكرة خروج شيء من البصر يمتد إلى المبصر ليتم الإبصار به. لقد وضع بهذا لنفسه نظرية في المعرفة الخاصة بطبيعة الضوء، فحدد إمكانها وأدواتها، ثم انتقل إلى تعريف الضوء بأنه عبارة عن حرارة نارية، تنبعث من الأجسام المضيئة بذاتها كالشمس والنار والجسم المتوهج، وأنه إذا أشرق على جسم كثيف أسخنه، وإذا انعكس من مرآة مقعرة واجتمع عند نقطة واحدة وكان عندها جسم يقبل الأحتراق أحرقه. وهذا التعريف يتفق مع ما نعرفه الآن عن الطاقة الضوئية.

واتبع ابن الهيثم منهجًا تجريبيًا استقرائيًا دقيقًا لتحقيق نظريته الجديدة في الإبصار، والتي صاغها على أساس الشروط أو " المعاني " التي لا يتم الإبصار إلا

بها، وهي أن يكون الجسم المرئي مضيئا بذاته أو بإشراق ضوء عليه، وأن يكـــون بين الجسم المرئي والعين بُعدٌ ما، وأن يكون الوسط الفاصل بينهما مشفًا، وأن تكـــون المرئيات ذات حجم وكثافة يسمحان للعين بإبصارها، وأن تكون العين خاليـــة مـــن عيوب الإبصار.

ويناقش ابن الهيثم عملية الإبصار بأسلوب منطقـــي بعيـــد عـــن الـــشطحات والأوهام القديمة فيقول : " إن البصر إذا أحس بالمبصر بعد أن كان لا يحس بــه، فقد حدث فيه شيء ما بعد أن لم يكن، وليس يحدث شيء بعد أن لم يكن إلا لعلّـــة، ونجد المبصر إذا قابل البصر أحس به البصر، وإذا زال عن مقابلة البصر لم يحس به البصر، وإذا عاد المبصر لمقابلة البصر عاد الإحساس. وكذلك نجد البـــصر إذا أحس بالمبصر ثم أطبق أجفانه بطل ذلك الإحساس، وإذا فتح أجفانه والمبصر فـــي مقابلته عاد ذلك الإحساس. والعلة هي التي إذا بطلت بطل المعلول وإذا عادت عـــاد المعلول. فالعلة إذن التي تحدث ذلك الشيء في البصر هو المبصر ".

وبذلك استخدم ابن الهيثم منهج التجربة والاستقراء والسببية في فحص اقتران ظاهرة الإبصار لجسم بوجود ذلك الجسم، وهذا هو مضمون مبدأ الحتميـــة الـــذي تخضع له الظواهر الطبيعية، بمعنى أن جميع الظواهر الطبيعية تخـــضع لقـــوانين ثابتة في إمكان المجرب كشفها، وأن نفس الظروف لابد وأن تأتي بالضرورة بنفس النتائج. وظل مبدأ الحتمية هذا سائدًا حتى القرن التاسع عـــشر المـــيلادي عنـــدما اختلفت النظرة بعد ذلك إلى قوانين علم الفيزياء واكتشفت نظرية الاحتمالات ومبـــدأ عدم اليقين. وتوصل ابن الهيثم إلى أن الإبصار لا يتم إلا بتأثير الضوء الوارد مـــن المبصر إلى البصر، وأكمل على ذلك شرحا لخصائص الـــضوء وكيفيـــة حـــدوث الإبصار بواسطة العين، بعد أن وصف تركيبها من الناحية التشريحية وبين وظيفـــة أعضائها وأفصح عن طرق إدراك العقل لها.

وعن طبيعة الضوء قال ابن الهيثم أنه جسم مادي لطيف يتألف من أشعة لها أطوال وعروض، وما هذه الأشعة إلا حبال النور المنبعثة من الأجسام ذوات الأضواء الذاتية فحسب. وقد نجحت نظرية ابن الهيثم في تفسير خصائص انعكاس الضوء وانعطافه وانتشاره في خطوط مستقيمة.

وعندما جاء عصر النهضة الأوربية ظهرت نظريتان مختلفتان لتفسير طبيعة الضوء، إحداهما تعرف باسم نظريَة الجسيمات لنيوتن، والثانية تعرف باسم النظرية الموجية لهيجنز.

كان نيوتن يرى أن الضوء يتألف من جسيمات متناهية في الصغر تصدر عن الشمس، وإذا سقطت هذه الجسيمات على جسم ما فإنها عندما تنعكس أو تنعطف تحمل صورة الجسم إلى العين. ولما كان نجاح أية نظرية علمية في ظاهرة من الظواهر الطبيعية يقاس بمدى قدرتها على تفسير سلوك هذه الظاهرة، فإن نظرية الجسيمات لنيوتن، شأنها شأن نظرية ابن الهيثم، لم تنجح إلا في تفسير بعض خصائص الضوء كالانعكاس والانعطاف والانتشار في خطوط مستقيمة، ولكنها فشلت في تفسير ظواهر أخرى كالحيود والتداخل والاستقطاب.

وفي عام ١٦٧٠م استطاع كريستيان هيجنز، وهو أحد معاصري نيوتن، أن يفسر كثيرًا من خواص الضوء باعتباره موجيًا في طبيعته. لكن نظريته انتظرت أكثر من مائة عام حتى قدم توماس يونج عام ١٨٠٣م، ومن بعده أوجستين فرنل، واستطاعا أن يوضحا بالتجربة العملية أن الأشعة الضوئية تستطيع التداخل مع بعضها البعض مكونة هدبا مضيئة وهدبا مظلمة على حائل قريب من فتحتين متجاورتين أمام مصدر ضوئي.

وبهذا أصبحت النظرية الموجية مقبولة عالميًا، بالرغم من أنها لم تقدم جوابًا شافيًا لماهية الضوء، واضطرت إلى افتراض وسط وهمي أسمته " الأثير " لحمل

موجات الضوء في الفراغ الكوني.

ويميل كثير من مؤرخي العلوم إلى " تفسير " شهرة نظرية نيوتن وشيوعها لفترة طويلة أكثر من نظرية هيجنز، بالرغم من ظهورهما في زمن واحد تقريبًا، بأن السبب هو مكانة نيوتن وشهرته وميل الكثيرين لرأيه، تمامًا مثلما كانت آراء أرسطو تعمر وتنتشر أكثر من غيرها بسبب مكانته وشهرته. ولكننا نضيف سببًا آخر يمكن مناقشته في ضوء ما عرفناه عن معنى فلسفة العلم وعلاقة المنهج العلمي بتطور العلوم. فقد كان المنهج السائد في عصر نيوتن وهيجنز هو المنهج التجريبي الاستقرائي الذي تأتي مرحلة الملاحظة وإجراء التجارب عليها في مقدمة مراحله البنائية، ثم يلي ذلك وضع فروض علمية لتفسير نتائج الملاحظة والتجربة. ولما جاء هيجنز بفرض لم تتحقق صحته بعد، فإنه قد خالف بهذا المنهج السائد المعتاد في عصره، ولهذا لم يقبل المجتمع العلمي حينئذ فرضًا صوريًا لم يستدل عليه، فتأخر اعترافه به حتى تحقق بتجارب يونج وفرنل. وبحلول عام ١٨٦٥م، حين أثبت ماكسويل نظريًا أن الأمواج الكهرومغناطيسية يجب أن تنتشر بسرعة الضوء، أمكن بارتياح كبير تقبل فكرة أن للضوء أمواجًا، وأصبح يشغل حيزًا في الطيف الكهرومغناطيسي الكامل.

وبقدوم عام ١٩٠٠م كان يعتقد أن طبيعة الضوء أصبحت مفهومة بشكل كبير، ولكن حتى ذلك الوقت لم يكن متاحًا الكثير عن ابتعاث الضوء من الذرات، وظل الأمر كذلك حتى عام ١٩١٣ حين أعطي بوهر أول تفسير منطقي لآلية ابتعاث الضوء على أساس نظرية الكم الجديدة، وقد عُدلت مفاهيم بوهر كثيرًا حتى إن ابتعاث الضوء لم يفهم بشكل نهائي حتى عام ١٩٣٠م.

ونظرية الكم انطلقت في الأساس من أن بعض الكميات الفيزيائية، كالطاقة والشحنة، تتخذ قيمًا صغيرة غيرة متصلة تزداد أو تنقص، بالامتصاص أو

الإشعاع، بقيم غير متصلة أيضًا. وقد توصل إليها بلانك عام ١٩٠٠ مـن دراسـته لتفسير توزيع الطاقة الإشعاعية الصادرة عن الأجسام الساخنة غير العاكسة المسماة بالأجسام السوداء. ودلت القياسات الدقيقة التي أجريت على شدة الضوء الـصادرة عن أجسام متوهجة بالحرارة على أن الشدة تتغير مع الطول الموجي وفق منحنيات بيانية فسرها بلانك بافتراض أن الطاقة تُشع وتُمتص بكمات تحـدد بثابـت بلانـك المعروف. ولما كانت الذرات تعتبر حتى قبل نهاية القرن التاسـع عـشر أصـغر أجزاء المادة التي لا يمكن تقسيمها، وكانت كتلة ذرة الهيدروجين تعتبر أصغر كتلة، فإن اكتشاف ج.ج. طومسون للإلكترون عام ١٨٩٧ جعل منه أصغر قيمة يمكن أن تتخذها الشحنة. ولكن بوهر استخدم فرضية بلانك ليتغلب على التناقض الموجـود في نموذج رذرفورد للذرة بافتراض أن الإلكترونات لها مدارات مستقرة في الـذرة لا تشع فيها طاقة أثناء الدوران، ويحدث الإشعاع فقط عندما ينتقل الإلكترون مـن مدارات ذات مستويات طاقة أعلى إلى مدارات ذات مستويات طاقة أقل.

علاوة على ذلك، أشار أينشتين عام ١٩٠٥ إلى أنه توجد خاصية واحدة على الأقل للضوء، وهي التأثير الكهروضوئي، قد أحسن تفسيرها باعتبار الضوء مكونـًا من فوتونات أو كمات، وقد تم التوسع في هذا المفهوم خلال السنوات التالية حتـى أصبحنا اليوم نعتبر الضوء ذا شخصية مزدوجة، فهو جزئيًا يبدو كأمواج وجزئيًـا كجسيمات. وحدد " دي برولي " العلاقة التي تربط بين الخاصـيتين، وذلـك عـام ١٩٢٣ وكان عمره وقتها ٣١ عامًا، ويشكل هذا العمل رسالته للدكتوراه.

ومنذ عام ١٩٢٥ بدأ الاعتماد على نظرية الكم في بناء نظرية فيزيائية عـن العالم الصغير، عالم الذرات والجزيئات والدقائق الأولية، ونشأت بذلك ميكانيكا الكم والميكانيكا الموجية. وفي عام ١٩٢٧ حصل دافيسون وجرمر على برهان مباشـر للطبيعة الموجية للجسيمات المادية أثناء اسـتطارة الإلكترونـات مـن البلـورات

المعدنية، فقد أطلقا شعاعًا من الإلكترونات نحو بلورة معدن النيكل ولاحظا أنه تحت ظروف معينة يستطار الشعاع الإلكتروني بصورة انتقائية بحتة فتخرج إلكترونات كثيرة عند زوايا معينة وتخرج كميات ضئيلة عند زوايا أخرى، ولم يكن لديهما أي تفسير لهذه النتائج في بادئ الأمر، وقررا أنها غير قابلة للتفسير. وعندما اقترح على دافيسون وجرمر أن هذه النتائج قد تكون عبارة عن تأثيرات التداخل الموجي الناشئ من الطبيعة الموجية للإلكترونات، كما فرضها دي برولي، قاما بعمل المزيد من القياسات لاختبار هذه الفكرة. وسرعان ما أكد كثير من الباحثين أن الإلكترونات تنعكس من البلورات بنفس الطريقة التي تنعكس بها أشعة إكس. وباستخدام معادلتي دي برولي وبراج يمكن التنبؤ بزوايا الانعكاس القوي للإلكترونات، وقد كان الاتفاق ممتازًا مع النتائج العملية، كما يعتبر الميكروسكوب الإلكتروني دليلاً آخر على صحة وجود الخاصية المزدوجة في الإلكترونات.

وهكذا أصبح الضوء وغيره من الإشعاعات يتصرف كموجات في بعض الظواهر، كالتداخل والحيود والاستقطاب ويتصرف كدقائق أو جسيمات في بعض الظواهر الأخرى مثل التأثير الكهروضوئي. كما تبدو الجسيمات الأولية، كالإلكترونات وغيرها، كدقائق في بعض التجارب مثل التصادم، وكأمواج في تجارب أخرى مثل تجربة دافيسون وجرمر. فالمادة في جوهرها لا تتفق مع تصورنا الكلاسيكي عنها، فهي لا تتألف من دقائق بالمعنى الكلاسيكي ولا من مجال موجي بالمعنى الكلاسيكي أيضًا. إنها تتألف من شيء آخر نعجز الآن عن تكوين صورة جليّة له، ولو أننا نستطيع وضع المعادلات الرياضية لوصف حركته.

وتؤدي الطبيعة الموجية لجميع الجسيمات إلى مبدأ فلسفي حديث. فقبل هذا الاكتشاف كان الفلاسفة يتجادلون عما إذا كان مصير الكون محددًا تمامًا. وكانت الميكانيكا الكلاسيكية تجيبهم بأنه في الإمكان، من حيث المبدأ على الأقل ــ تحديد

موضع وسرعة وطاقة كل الجسيمات في الكون، ثم التنبؤ بعد ذلك بمسار الأحداث في المستقبل، ومن ثم كان اتجاههم العلمي المادي في مبدأ الحتمية أو السببية.

لكن الطبيعة الموجية لكل الجسيمات تتطلب الإجابة بالنفي عن معرفتهم المحددة لمصير الكون، وهذا ما توصل إليه هايزنبرج باكتشافه عام ١٩٢٧ لمبدأ اللاتحديد أو عدم اليقين، ومضمونه أنه لا يمكن تعيين موضع دقيقة ودفعها بدقة تامة في آن واحد. ويشمل المبدأ أيضًا كميات أخرى مثل الطاقة والزمن. وطبقًا لمبدأ عدم اليقين، فإنه لا يمكن تخفيض حدود اللادقة، أي لا يمكن زيادة دقة التعيين بزياد دقة جهاز القياس أو طريقته، ولا يمكن التخلص نهائيًا من التشويشات أو الاضطرابات التي قد تحدث أثناء القياس. فعدم اليقين هذا ليس أمرًا ذاتيًا، ولكنه موضوعي يتعلق بطبيعة الجسيمات الأولية وبنيتها المعقدة.

وينطوي مبدأ عدم اليقين على قصور صورة العالم الميكانيكية وضيق حتميتها، كما يبين الحدود التي تصح فيها الصورة الجسيمية وحدها أو الصورة الموجية وحدها عن المادة، ويعطي تقديرًا للخطأ المحتمل الذي يقع فيه المرء حينما يستعمل إحدى الصورتين فقط.

ويتبين من تطور نظرية الكم في وصفها لحركات الجسيمات الدقيقة بواسطة دالة موجية أنها لا تقدم معلومات محددة عن الدقيقة الواحدة أو الجسيم الواحد، وإنما تعطي معلومات " احتمالية " عن سلوكها. وبعبارة أخرى، فإن قوانين ميكانيكا الكم قوانين إحصائية. وأهم ما يرتبط بهذه النظرية من الناحية الفلسفية هي مسائل القانون الفيزيائي والحتمية والسببية وعلاقتها بالصدفة وإمكانية التنبؤ بالأحداث الواقعية.

ولقد أدى تطور البحث في علم الضوء والبصريات ونظرية الكم إلى الحصول على واحد من أهم الإنجازات العلمية المعاصرة، وهو ما يُعرف باسم

"أشعة الليزر". فقد أمكن استخدام حقيقة أنه تحت ظروف خاصة جدًا يمكـن جعـل الذرات تبتعث موجات ضوئية مترابطة ومتطاورة كلها مع بعضها البعض، وغالبًـا ما تعمل الذرات في جميع المصادر الضوئية مستقلة عن بعـضها الـبعض، أي أن ابتعاث فوتون من ذرة لا يوجد بينه وبين ابتعاث فوتون من ذرة أخرى أي تنـسيق أو ترابط. نتيجة لهذا يتكون شعاع الضوء العادي من خليط معقـد مـن الأمـواج الكهرومغناطيسية الصادرة عن ذرات مختلفة. وليس كل هـذه الـذرات متطـاورة بالطبع مع بعضها البعض ولذا فهي أحيانًا تجمع وأحيانًا تلغى. وهذا يجعـل شـعاع الضوء العادي أقل كثيرًا في الشدة مما إذا كانت كل الذرات متطاورة عند ابتعاثهـا للموجات. وينشأ شعاع مركز بالغ الشدة إذا ما أجبرت جميع الذرات على أن تبتعث موجاتها معًا وهي متطاورة، والمصدر الذي يقترب كثيرًا من تحقيق هذا الهدف هو ما يسمى " الليزر ". وكان اكتشاف أول ليزر في عام ١٩٦٠ على يد تيـودور مـا يمان مستخدمًا بلورة الياقوت. وهناك أنواع كثيرة متاحة من الليزر تعمـل بـنفس المبدأ الذي اشتق منه اسمه وهو " تكبير الضوء بواسطة الانبعاث الحثي للإشعاع ".

وبفضل خواص أشعة الليزر المتميزة فإنها دخلت مجالات البحـث العلمـي والطب والهندسة وملاحة الفضاء، وتحققت الاستفادة منها في أغـراض الاتـصال والإشارة. ويمكن تركيز أشعة الليزر بحيث يحدث ارتفاع موضعي عال في درجـة الحرارة يصل إلى عدة آلاف درجة خلال جزء من الثانية، وبذلك يمكن حفر ثقوب صغيرة جدًا في أصلب المواد كالماس، كما يمكن قطع المعـادن أو توصـيلها فـي عمليات اللحام الدقيق، مثل ما يحدث في حالة الـدوائر المتكاملـة. كـذلك أمكـن الحصول على طاقة عالية جدًا تستخدم في تفاعلات الاندماج النـووي الحـراري. ويؤمل أن يستفيد الإنسان من ذلك كله في حل مشكلة الطاقة مستقبلاً، كما يؤمل أن يلعب الليزر دورًا هامًا في دراسة الكواكب البعيدة.

ومن الطريف أن ندرك أنه كان سيصبح من المستحيل إدراك كل هذه الإنجازات بدون المشوار الذي بدأ بعلماء الإغريق، ثم ابن الهيثم، ثم تكدس المعلومات الأساسية عن الذرات ومستويات طاقتها وسلوكها وتطور نماذجها ونظرياتها. إن هذا يعتبر مثالاً حيًا على أن تحصيل المعرفة العلمية المتزايدة عن الطبيعة بطرق منهجية سليمة يؤدي إلى طرق أفضل لاستخدام قوانينها.

كذلك أدى البحث في نظرية الضوء ونظرية الكم وعلم البصريات والأجهزة البصرية إلى تطوير أجهزة القياس المختلفة التي تعزز حواس الإنسان وتعمقها حتى يتمكن من سبر أغوار الطبيعة التي تزداد عمقًا كلما ازدادت العلوم تقدمًا. من بين هذه الأجهزة نذكر على سبيل المثال " الميكروسكوب الإلكتروني " الذي يعتمد على فكرة الطبيعة الثنائية للمادة وتطبيقها على شعاع من الإلكترونات، تمامًا مثلما يستخدم الضوء المرئي في الميكروسكوب الضوئي. ففي الميكروسكوب الضوئي تقوم العدسة الشيئية بتكوين صورة للجسم ثم يتم تكبير هذه الصورة بواسطة العدسة العينية. وفي حالة الميكروسكوب الإلكتروني تكون العدسات إلكترونية (كهروستاتيكية أو مغناطيسية)، وتعمل عمل العدسات الزجاجية لتركيز الشعاع في بؤرة ،لكن تصحيحها ضد عيوب العدسات لا يزال صعبًا. فبالرغم من أن الميكروسكوب الإلكتروني يمكنه من الناحية النظرية أن يرصد التفصيل الأقل من عدة أنجسترومات، إلا أن تحقيق الحدود النظرية للتفريق عمليًا لا زال ينتظر تطوير تقنيات أكثر دقة وكفاءة، مثل تقنية النانو وكاميرا الفمتو وما إلي ذلك.

٧

علم الميكانيكا

لن يتعجب العارفون بتاريخ العلوم عندما يقول طفل أن الأجسام الثقيلة تسقط بسرعة أكبر من سرعة سقوط الأجسام الخفيفة، لأن عبقري الحضارة الإغريقية قال نفس الكلام من قبل، وكان الاعتقاد السائد حينئذ بالفعل أن الأجسام الثقيلة تسقط أسرع من الأجسام الخفيفة، ربما لأنهم كانوا يلاحظون أن ريش الطيور لا يسقط في الهواء بنفس سرعة سقوط الحجر، وقد أثبت أرسطو نفسه بمناقشات فلسفية أن هذا لابد أن يكون صحيحًا.

لكن علماء الطبيعيات، منذ عثروا على المنهج التجريبي في عصر الحضارة الإسلامية، لا يقبلون تمامًا البراهين الفلسفية للآراء التي يمكن اختبارها تجريبيًا. فلو كانت التأملات الفلسفية وحدها جيدة لدرجة لا يمكن معها الشك في الاستنتاجات التي تؤدي إليها لكان ذلك شيئًا رائعًا. عندئذ كان يمكن استغلال كل الوقت والمجهود والمال المخصص للأبحاث العلمية باهظة التكاليف في أوجه أخرى، ولأمكن لقليل من الفلاسفة الذين يعيشون منعزلين في أبراجهم العاجية أن يحلوا جميع المشكلات العلمية.

وفي عصر الحضارة الإسلامية تبلورت أسس علم الميكانيكا الذي كان مرتبطًا من قبل بالدراسات النظرية عن الحركة والسكون في المؤلفات الفلسفية، وأدى استخدام المنهج التجريبي لأول مرة إلى تحديد الكثير من المصطلحات

والمفاهيم الميكانيكية ووصف حركة الأجسام وأنواعها.

ففي كتاب " الشفاء " يحدد ابن سينا عناصر الحركة في المتحرك والمحـرك وما فيه (موضع الجسم) وما منه (مكان بداية الحركة) ومـا إليـه (مكـان نهايـة الحركة) والزمان (الفترة الزمنية التي استغرقتها الحركة). كما يفرق بـين الحركـة الطبيعية والحركة القسرية في قوله : " وكل جسم متحرك فحركته إما من سبب من خارج وتسمى حركة قسرية وإما من سبب في نفس الجسم، إذ الجـسم لا يتحـرك بذاته ". ونجد تعريف الحركة الانتقالية والحركة الدورانية في كتاب " المعتبر فـي الحكمة " لابن ملكا البغدادي وقد سمّاهما الحركة المكانيـة والحركـة الوضـعية، فيقول: " الحركة المكانية هي التي بها ينتقل المتحرك من مكان إلى آخر، والحركـة الوضعية هي التي تتبدل بها أوضاع المتحـرك ولا يخـرج عـن جملـة مكانـه كالدولاب والرحا ".

وعرف ابن الهيثم مصطلح " قوة الحركة "، وهو يقابـل المعنـى الـديناميكي الحديث لمصطلح " كمية التحرك " الذي يعرف بحاصل ضرب الكتلة في الـسرعة، فذكر أن الحركة المكتسبة تتوقف على المسافة التي يقطعها الجسم الساقط، وبالتالي فإنها تعتمد على سرعة تحركه ومقدار ثقله (يقصد كتلته).

ويعبر هبة الله بن ملكا البغدادي عن السقوط الحـر للأجـسام تحـت تـأثير الجاذبية الأرضية فيقول : " ويستدل على ذلك بالحجر المرمي من عال من غير أن يكون عايدًا عن صعود بحركة قسرية ولا فيه ميل (يقصد جذب) قسري. فإنك ترى مبدأ الغاية كلما كان أبعد كان آخر حركته أسرع وقوة ميلـه أشـد، وبـذلك يـشج ويسحق، ولا يكون ذلك له إذا ألقى عن مسافة أقصر، بل يبين التفاوت فـي ذلـك مقدار طول المسافة التي يسلكها ". وبذلك تزيد سرعة الجسم مـع المـسافة التـي يقطعها من نقطة السقوط وتزيد كمية حركته، وبالتالي طاقته، تبعـا لـذلك فيـشج

ويسحق عند ارتطامه. وفي هذا تحقيق لخصائص المعرفة العلمية المقصودة، وسبق إلى التعبير الكمي عن الحركة بتناسبها مع سرعة الجسم ومع كتلتـــه، إذ أن معـــدل التغير في كمية الحركة هو أساس قانون نيوتن الثاني الذي ظهر فيما بعد.

وهناك الكثير من النصوص الواردة في تراث الحضارة الإســلامية، تؤكــد سبق علمائنا إلى استيعاب وتحديد مصطلحات علم الميكانيكا، وصــياغة القــوانين الميكانيكية صياغة علمية انتقلت بها من مستوى المعرفة العامة إلى مستوى المعرفة العلمية الدقيقة الصالحة لأن تكون أساسًا تقوم عليه قوانين ونظريات أخــرى كلمــا توافرت مراحل معرفية أكثر تقدمًا.

فيشير ابن سينا إلى خاصية القصور الذاتي للجسم التـــي يـــدافع بهـــا عـــن استمراره في الحركة المنتظمة فيقول : " الجسم له فـــي حـــال تحركـــه ميـــل (أي مدافعة) يتحرك به، ويحس به الممانع، ولن يتمكن من المنع إلا فيما يضعف ذلـــك فيه، وقد يكون من طباعه، وقد يحدث فيه من تأثير غيره فيبطـــل المنبعـــث عـــن طباعه إلى أن يزول فيعود انبعاثه ".

وذكر البيروني في رده على المعترضين على دوران الأرض حـــول نفـــسها وحول الشمس أن الأرض تجذب ما فوقها نحو مركزها ولهذا لا تطير مـــن فـــوق سطحها الأحجار ولا تقتلع الأشجار، " والناس على الأرض منتصبو القامات علـــى استقامة أقطار الكرة، وعليها أيضًا نزول الأثقال إلى أسفل ". وعرف الخازن نـــسبة السرعة المتزايدة في سقوط الأجسام، فذكر : " أن الجسم الثقيل هو الـــذي يتحـــرك بقوة ذاتية أبدًا إلى مركز العالم فقط ". وفطن الإمام الرازي إلى تعميم فكرة الجاذبية على جميع الأجسام الموجودة في الكون، فتحدث عن " انجذاب الجسم إلى مجـــاوره الأبعد ".

وفي عصر النهضة الأوربية اهتم جاليليو بظاهرة ســـقوط الأجـــسام وكـــان

جاليليو معروفًا بعلمه وبأنه أول من استخدم التلسكوب لرصد السماء، وهو صانع تلسكوباته بيده، ورأى مصباحًا يتأرجح من سقف كاتدرائية مدينة بيزا بإيطاليا، فراح يبحث البندول ليعرف على أي أساس يتحرك ويتأرجح. واستخدم تأرجحه كساعة لقياس الزمن. وبحث عن قانون لسقوط الأجسام، وتوصل إلى أن الجسم الساقط يقطع في الثانية الثانية من سقوطه ثلاثة أمثال ما يقطعه في أول ثانية، وفي الثانية الثالثة خمسة أمثال، وفي الرابعة سبعة أمثال، وهلم جرا، تتناسب المسافات في الثواني، إذ يتبع بعضها بعضًا كنسبة ١ : ٣ : ٥ : ٧ : ٩ وهكذا.

وكان كبلر معاصرًا لجاليلو، يحاول الأول أن يرسي علم الكواكب وحركتها على قواعد ثابتة، ويحاول الثاني أن يرسي علم الميكانيكا على قواعد ثابتة.

فقد أثبتت تجارب جاليليو والتجارب المؤكدة لها أن الجسم الذي يسقط ذاتيًا يتسارع إلى أسفل بتسارع ثابت قيمته ٩,٨ مترًا لكل ثانية مربعة.

ولما كان القانون الفيزيائي هو تعبير عن الطريقة التي تتصرف بها المادة وهي قوانين لا سيطرة لنا عليها، فقد وجدت منذ الأزل وستوجد إلى ما شاء الله، فإن الغرض من جميع الأبحاث هو تحقيق خصائص المعرفة العلمية السليمة باكتشاف القوانين الفيزيائية، فالفهم في العلم يكافئ معرفة قوانين الطبيعة ونتائجها.

وبالرغم من أن الناس يخطئون أحيانًا فيما يظنون أنه قوانين فيزيائية، فإن الصيغ غير الصحيحة التي يعتقدون أنها قوانين الطبيعة ليست بالطبع قوانين على الإطلاق. فمثلاً، اعتقد أرسطو أنه قد اكتشف أحد قوانين الطبيعة عندما قال إن "الأجسام الثقيلة تتسارع إلى الأرض أسرع من الأجسام الخفيفة". وفي الحقيقة أنه لم يكتشف أحد قوانين الفيزياء لأنه لا وجود لمثل هذا القانون على الإطلاق. أما القانوني الطبيعي الذي ينطبق على هذا الموقف فقد سعى إليه ابن ملكا البغدادي، ثم جاليليو، إلا أنه ليس بدوره قانونًا عامًا وكاملاً. فهناك أنواع كثيرة للحركة يعتبر

السقوط الحر للأجسام جزءًا منها وحالة خاصة، كما أن الأجسام التي نراها الآن في سفن الفضاء تتصرف بطريقة تختلف كثيرًا عن أجسام ابن ملكا وجاليليو الساقطة. وبالطبع لم يكن كل من ابن ملكا وجاليليو يملكان الوسيلة المناسبة لمعرفة ذلك، وعليه فمن الطبيعي أن يكون القانون الذي اقترحاه غير كامل. كذلك فإن قياسات جاليليو لم تكن دقيقة لدرجة كافية ليبين أن نفس الجسم يتسارع بدرجات مختلفة تحت تأثير الجاذبية الأرضية في أماكن مختلفة على الأرض.

لكن تراكم المعرفة العلمية من الحضارات السابقة، وتكدس النتائج العملية التي توصل إليها علماء الحضارة الإسلامية، وتقدم بعض أجهزة القياس نسبيًا عن ذي قبل، ساعد علماء النهضة الأوربية على بلورة نظرة جديدة عن هيئة الكون وحركة الأجسام على الأرض، أو حركة الأرض والكواكب والنجوم في الفضاء الكوني. ولبيان التطور الهائل الذي حدث في دقة صياغة العلوم، وصولاً بها إلى مرحلة التعميم والقانون العلمي، أو لبيان أن التقدير الكمي يعتبر مقياسًا لتقدم العلوم المختلفة، نقارن بين نصَّين في موضوع علمي واحد من التراث الإغريقي والتراث الحديث، فقد جاء وصف الكون على لسان أفلاطون بقوله : " والآن، وبعد أن بلغت كل النجوم اللازمة لتكوين الزمن وضعًا حركيًا مناسبًا لها، وبعد أن أصبحت أجسامها المكبلة بالسلاسل كائنات حية تعرف مهمتها المرسومة، بدأت تدور، بعضها في مدارات واسعة والبعض الآخر في مدارات ضيقة. كانت النجوم ذات المدارس الأضيق تدور بشكل أسرع، وكانت النجوم ذات المدارات الأوسع أبطأ دورانًا ".

وجاء الوصف المناظر في مرجع حديث من كتاب نيوكومب ــ أنجلمان في الفلك على النحو التالي : " تدور الكواكب حول الشمس، وعلى هذا فلابد أن تخضع لقوة موجهة نحو الشمس، ولا يمكن أن تكون هذه القوة سوى الجاذبية .. ومن

الممكن باستعمال قانون كبلر الثالث أن نقوم بعملية حسابية بسيطة توضح أن القوة التي تجذب بها الكواكب نحو الشمس تتناسب عكسيًا مع مربع متوسط بعدها عن الشمس .. ويبقى السؤال : على أي منحى حول الشمس سيسير الكوكب تحت فعل مثل هذه القوة ؟ لقد أثبت كبلر ونيوتن أن هذا المنحى على العموم لابد أن يكون قطعًا مخروطيًا، وتكون الشمس فيه إحدى البؤر، وعلى هذا فقد فهم سر الحركات السماوية، وثبت أن الكواكب ببساطة أجسام ثقيلة تتحرك تبعًا لنفس القوانين التي نراها تعمل من حولنا ".

ويلاحظ أن المفاهيم العلمية الأساسية لهذه القوانين قد وردت في التراث العلمي للحضارة الإسلامية التي تشكل أهم مراحل نمو المعرفة البشرية.

وهكذا أدت صياغة قوانين الحركة على يد كبلر ونيوتن إلى تغيير النظرة السائدة عن الكون، خصوصًا بعد ما أزيحت الأرض عن مركزه، وظهرت الحتمية كمذهب فلسفي يدعى قدرة العقل على التنبؤ بأي شيء متى ما توافرت لديه الإمكانيات المعرفية والمادية اللازمة، وأكد هذه النظرة لديهم تنبؤات مندليف بعناصر كيميائية تكتشف في المستقبل، وتحديد أماكنها في جدوله الدوري. كما أكدها أيضًا اكتشاف كواكب جديدة غير التي عرفها القدماء وهي : عطارد والزهرة والأرض والمريخ والمشتري وزحل.

فعندما اكتشف " أورانوس " عام ١٧٨١، وحسب العلماء حركته ومداره على أساس قوانين نيوتن للحركة والجاذبية، وجدوا أن مداره المرصود ليس كمداره المحسوب. أدخلوا في الحساب قوة جذب الشمس له وقوة اجتذاب الكواكب التي تدور حولها له، فظل هناك في المدار فارق، إذ تنقصه كشف قوة أخرى تجذبه من ناحية أو نواح أخرى ليتطابق المداران، الواقعي والمحسوب. وفرضوا أن هذه القوة لابد آتية من كوكب آخر يدور حول الشمس أبعد منه وأوسع مدارًا. قال ذلك

ليفربيه الفرنسي. إن أحدًا لم ير هذا الكوكب السيار الأبعد ولكن كان لابد من وجوده إذا ما صدقت قوانين نيوتن. وكتب ليفربيه إلى مرصد برلين يخبرهم بهذا الكوكب الذي تنبأ به، ووجه الراصدون تلسكوباتهم إلى هذا الموضع فكشفوه، ورأوه رأي العين وأسموه " نبتون ". وبقيت بقية يسيرة من اختلاف في مدار " أورانوس". فزعموا أن كوكبًا أبعد من نبتون مازال مختبئًا في السماء، وكشفوه في عام ١٩٣٠ وأسموه " بلوتو ".

ومع حلول القرن العشرين وظهور نظرية الكم على يد بلانك ظهرت ملامح عصر جديد في رؤية العلماء للطبيعة وإعادة توجيههم لفلسفة القوانين العلمية.

ففي عام ١٩٠٥ وضع أينشتين الخطوط العريضة لنظريته الشهيرة عن النسبية. وهذه النظرية تعتبر مثالاً رائعًا على الاستنتاجات الهامة للفروض الصورية من التحليل الواضح للحقائق التجريبية، ثم الاستدلال على ما يترتب على هذه الفروض من نتائج، والتحقق من صحة هذه النتائج عن طريق الملاحظة والتجربة، وهذه هي سمات المنهج العلمي المعاصر كما أوضحناها من قبل.

لقد أدرك أينشتين أن النصَّين الآتيين فرضان علميان يمكن تصورهما على أنهما حقيقتان تجريبيتان :

١- سرعة الضوء في الفراغ لها نفس القيمة دائمًا عند قياسها (٢,٩٩٨×١٠^٨ مترًا في الثانية) بغض النظر عن سرعة المصدر الضوئي نفسه أو حركة الملاحظ.

٢- لا يمكن قياس السرعات المطلقة وإنما تتحدد السرعات فقط بالنسبة لجسم آخر.

وهذان الفرضان الأساسيان لنظرية النسبية لأينشتين يستحيل إثباتهما مباشرة،

لكنهمًا مؤيدان بعدد كبير من المحاولات الفاشلة لدحضهما، بالإضــافة إلــى أنهمــا يؤديان إلى استنتاجات هائلة تم التحقق منها بالتجربة.

وتؤدي الفروض الأساسية للنسبية إلى استنتاج أن الأحداث التي قد تقــع فــي زمن واحد في أحد مناطات الإسناد القصورية قد لا تحدث في نفس الزمن في مناط آخر، وقد أشار أينشتين إلى هذا حين أوضح أن الــساعة تــدق بطريقــة مختلفــة للشخص الذي يحملها ولشخص يمر بجوارها، ويمكن إثبات أن أية ساعة متحركــة بالنسبة لمشاهد ما ستبدو دقاتها أبطأ إذا قورنت بساعة ساكنة بالنسبة لنفس المشاهد. وتسمى هذه الظاهرة " تمدد الزمن "، لأن الزمن يمتد بالنسبة للــساعة المتحركــة، وهي تنطبق على أية آلية للتوقيت مهما كان تعقيدها، فمعدل نمو الطحالــب يبطــئ عند حركتها، وتقادم جسم الإنسان يحدث عند الحركة بسرعات عالية، وقــد أجمــع العلماء على أن التوأمين اللذين يتصادف وجود أحدهما على الأرض ووجود الآخر في سفينة فضاء يكون لهما عمران مختلفان، وقد أطلقوا على هذه الظــاهرة اســم " التناقض الظاهري للتوائم ".

من ناحية أخرى، تؤدي ظاهرة تمدد الزمن إلى حدوث انكماش نــسبي فــي الطول بالنسبة للمشاهد الذي يرى الأجسام المتحركة بسرعة فائقة.

أيضًا، تؤدي دراسة فروض النسبية إلى أن كتلة الجسم تتغير بتغير ســرعته، فتكون الكتلة أكبر عند السرعات العالية، وتصبح الكتلة ما لا نهاية عنــد اقتــراب سرعة الجسم من سرعة الضوء، والكتلة اللانهائية تلزمهــا قــوة لا نهائيــة حتــى تعجّلها، ولما كانت القوى اللانهائية مستحيلة فمن الواضح أن الجسم لا يمكن تعجيله إلى سرعة الضوء.

وأخيرًا تؤدي دراسة فروض النسبية كما بينها أينشتين إلى أنه عند أي تغيــر في طاقة جسم ما يكون هناك تغير مناظر في كتلته، وتكون النتيجة هي أن :

التغير في الطاقة = التغير في الكتلة × مربع سرعة الضوء

وعندما بدأ الاعتماد على نظرية الكم منذ عام ١٩٢٥ استطاع "شرودنجر" أن يطور فكرة "دي برولي" عن الموجات المادية أو المادة الموجية، وذلك عن طريق تمثيل حركة الجسيمات الدقيقة بموجة، ونشأت ميكانيكا الكم أو الميكانيكا الموجية، ثم ربط " ديراك " ميكانيكا الكم بنظرية النسبية وأنشأ ميكانيكا الكم النسبية.

وهكذا تميزت العلوم المعاصرة بمفاهيم جديدة متطورة، وإن كان يصعب تصورها في بعض الأحيان لأنها لا تتفق مع ما اعتدنا عليه من تصورات كلاسيكية، فمفاهيم تغير المسافة والزمن تبعًا لسرعة مناط الإسناد، وتحدب الفضاء، وثنائية المادة، وعلاقة اللاتحديد، وغيرها يصعب تصورها بالطريقة الاعتيادية الكلاسيكية. لقد أوضح التطور المعرفي لقوانين الميكانيكا أنه ليس بمقدور الميكانيكا الكلاسيكية تفسير العمليات الجارية في العالم الصغير وفي العالم الكبير ذي الأبعاد الكونية، ولذلك وضعت القوانين الحديثة لتفسير تلك العمليات باستخدام مفاهيم جديدة وصياغات رياضية وصفها أينشتين بقوله : " لا يوجد في الفيزياء مفهوم يلزم استعماله بصورة ضرورية مسبقة، ولا يحوز مفهوم من المفاهيم حق الوجود إلا بقدر ارتباطه الواضح مع الحقائق التجريبية ".

إن إمكانية التصور مرتبطة بتطور المعرفة العلمية والاتجاه بها نحو التعميم والتجريد، ومع تقدم العلوم تتغير النماذج وتصبح المفاهيم أكثر تجريدًا، وبالتالي تصبح العلوم أكثر قدرة على عكس الواقع الموضوعي، وأعمق سبرًا لأسرار الطبيعة التي لم تعد لها صفة البساطة التي كان يتخيلها القدماء، وإن كان الكون يزداد مع التطور اتساعًا وعمقًا.



علـم الكـون

انشغل الإنسان منذ خلق بالتأمل في كل ما يحيط به من سماء وأرض، وما يحدث حوله وأمام ناظريه من ظواهر وأحداث، كأنما يريد أن يستطلع أسرار الكون الفسيح، ويقف على طبيعة حركته وتفاصيل نظامه. ومن خلال تعامله مع ظواهر الكون وموجوداته استطاع أن يكوّن لديه تصورًا عن أهمية المكان والزمان، ليس فقط بالنسبة لتاريخه هو على الأرض، ولكن أيضًا بالنسبة لتاريخ الكون بأسره.

وقد ظل الإنسان ردحًا طويلاً من الزمن يعتقد أن الكون هو فقط مجموعتنا الشمسية التي نعيش على أرضها، بالإضافة إلى مجموعة النجوم الثابتة التي نراها ليلاً، ولم يكن قادرًا على الخروج من تأملاته الفلسفية ونظرياته الخرافية بسبب تأخره في العثور على أجهزة الرصد وإجراء التجارب التي بدأ التوصل إليها في عصر الحضارة الإسلامية، فقد أقيمت المراصد في مختلف عواصم الدول الإسلامية، ووضعت الأزياج لتدوين حركات الكواكب والنجوم، وصنعت الأجهزة لإجراء التجارب، وبدأ علم الفلك في حث الخطى نحو التقدم، إلا أن علم الفلك والفيزياء الفلكية يشهد منذ بضعة عقود خلت ثورة هائلة لم يكن يحلم بها العلماء حتى عهد قريب. وربما يعتقد البعض أن الأبحاث والنظريات الفلكية لا تتقدم بالسرعة التي تتقدم بها نظريات العلوم الأخرى، لأن الفلكي لا يستطيع أن يتجول في الكون ليبحث بالتفصيل موضوعًا يهمّه مثلما يفعل المشتغلون بالعلوم الأخرى،

كل في مجال بحثه، وعليه أن يقنع بما يحمله إليه الضوء الذي يدخل منظاره الفلكي. لكن الحقيقة عكس ذلك تمامًا، فالفلكي أمامه وفرة هائلة من الأشياء التي يستطيع رصدها، لأن الكون أمامه وحوله من الاتساع، والأزمنة التي تشهدها الأحداث الفلكية من الامتداد بحيث أن هناك عمليات فلكية مستمرة ومتنوعة مع الزمان والمكان. وليست مشكلة الفلكي في قلة المعلومات، بل في وفرتها وتشابكها وصعوبة تحليلها. ولا شك أن تقدم العلوم الأخرى يسهم في حل القضايا الفلكية المعقدة، فقد ساعد تقدم علوم الرياضيات والبصريات والديناميكا الحرارية وغيرها على تيسير البحث في مسائل عديدة تتصل بنشأة النجوم وتطورها، ونشأة الموجات الراديوية، ونشأة الأشعة الكونية، ونشأة الكون المادي بصورة عامة.

وفيما يتعلق بنشأة الكون فهناك نظريتان حديثتان، تعرف أولاهما باسم "نظرية الكون الثابت" وتقضي بأن الكون مستقر في معالمه الكبرى على الدوام، والمادة في حالة خلق مستمر، وتعرف النظرية الثانية باسم "النظرية الانفجارية"، ومؤداها أن مادة الكون كانت في البدء مركزة تركيزًا شديدًا، ثم انفجرت لسبب ما وتناثرت المادة في جميع أرجاء الكون. ويحاول كل من أنصار النظريتين المتعارضتين تعليل ما أظهرته الأرصاد من ابتعاد المجرات البعيدة بسرعات تتناسب مع أبعادها عنا على أساس النظرية التي يدافع عنها.

وبالرغم من أن ترجيح كفة إحدى النظريتين على الأخرى ينتظر المزيد من الأرصاد والأبحاث النظرية، إلا أننا سنتناولهما بشيء من التحليل العلمي للمفاهيم المرتبطة بهما، بعد التعرف على النظريات الخاصة بتمدد الكون ونشوء الأشعة الكونية Cosmic Rays.

لقد ساعدت الحقائق العلمية التي جمعها العلماء عن المادة والديناميكا الحرارية والميكانيكا الإحصائية على تحديد خصائص المادة والإشعاع، وتوزيعها

في الكون على افتراض أنه في حالة ثابتة. أما إذا كان الكون ينتشر ويتمدد ويتسع، بمعنى أنه يتطور شكلاً ومضموناً، فإن حالة المادة في مرحلة ما تعتمد علـــى مـــا كانت عليه الظروف الأولية للكون، وتعتمد أيضًا على عمر هذا الكون، ومن ثم فإن وحدات المادة وتوزيعها في الفضاء سوف يختلف عن الحالة الثابتة.

لقد أثبت كل من هبل E.Hubble وهيوماســون Humason وبـــادا Baade وغيرهم أن الكون يتمدد على النطاق الواسع لا المحلي، فأبعاد مجموعتنا الشمـــسية لا تتمدد، وكذلك المسافات داخل مجرتنا، والمسافات داخل مجموعتنا المحلية، ولكن التمدد يبدأ بعد حدود مجموعتنا المحلية، أي بعد نحو نصف مليون بارسك، ويحدث في جميع الاتجاهات.

والبارسك هو وحدة القياس الفلكي للمسافة ويساوي البعد الـــذي عنـــده تبلـــغ الزاوية المقابلة لنصف القطر المتوسط لمدار الأرض حول الشمس، مقـــدار ثانيـــة قوسية واحدة، وهذه المسافة تساوي أيضًا ٣,٢٦ سنة ضوئية، حيث السنة الـــضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة واحدة.

وهذا الكشف الهام إنما هو وليد الرصد والمشاهدة الفلكيـــة لمختلـــف أنـــواع الأجرام السماوية وأنظمة المجرات. والمجرات عبارة عن أجرام واســـعة الامتـــداد كبيرة الحجم، وكثيرًا ما تتعنقد هذه المجرات وتؤلف فيما بينها مـــا يعـــرف باســـم "أنظمة المجرات"، وهي بعيدة جدًا عن مجرتنا وتفصلها مسافات شاســـعة، وتبتعـــد عنا بسرعة عالية. كما أن هناك عناقيد نجمية كروية الـــشكل أو مفتوحـــة، ولقـــد استطاع علماء الفلك التعرف على مواقعها بواسطة المنـــاظير الفلكيـــة والراديويـــة وتعيين أبعادها في أعماق الفضاء.

ومن التحاليل الطيفية لتلك المجرات أو النجوم، ومن مقارنة مواقع الخطـــوط الطيفية مع مثيلاتها من مصادر ضوئية ثابتة، وبعد إزالة الأخطاء الناشئة من دورة

الأرض حول الشمس ودورتها حول نفسها، فإننا نتعرف علـى الـسرعة نـصف القطرية أو السرعة في خط الإبصار للجرم السماوي. فإذا ما كانت إزاحة الخطوط الطيفية من المصدر الثابت نحو الأحمر، أي في ناحية الموجـات الطويلـة، فـإن سرعة الجرم السماوي تكون عندئذ سرعة ابتعاد موجبة. أما إذا كانت الإزاحة نحو البنفسجي من طيف المصدر الثابت، فإن سرعة الجرم الـسماوي تكـون سـرعة اقتراب سالبة. وهذا هو ما يعرف باسم " ظاهرة دوبلر Doppler effect " للتحليل الطيفي.

وهذه الحقيقة تقوم على تجارب علمية ومشاهدات معملية، ويمكن تشبيه هـذه الظاهرة بما يحدث لشخص يستمع إلى صفارة قطار متحرك، فهو يلاحظ انخفاضًـا في حدة الصوت كلما ابتعد عن القطار، ويلاحظ ارتفاعًا في الحـدة عنـد اقتـراب القطار منه، وهذا معناه أن تردد الموجة الصوتية بالنـسبة للراصـد يعتمـد علـى الحركة النسبية بين المصدر والراصد، وهذه الظاهرة تطبـق فـي جميـع أنـواع الحركات الموجية.

واكتشاف تمدد الكون بواسطة " هبل " وغيره تـم عـن طـرق التـصوير الفوتوغرافي الطيفي لعدد كبير من المجرات ومقارنة مواقع الخطوط الطيفية، مثـل خطي K, H لعنصر الكالسيوم، مع مواقع الخطوط المماثلة من مـصادر ضـوئية ثابتة. ونتيجة لهذه المقارنة تبين لهم قيمة الإزاحة نحو الأحمر، ومـن هـذه القـيم حصلوا على السرعة الابتعادية لهذه المجرات وتعرفوا على اللمعان المطلـق لهـا. وبمقارنة اللمعان المطلق باللمعان الظاهري المرئـي الفوتـوغرافي، وبعـد إزالـة الأخطاء العديدة الناتجة عن آلات الرصد وتأثير الغبار الكـوني، أمكـن للبـاحثين تعيين المسافات التي تفصل ما بيننا وبين المجرات المختلفة. ومن ثم فقـد حـصل "هبل" على معادلة خطية بين سرعة الابتعاد والمسافة، وأوضح أن السرعة تـزداد

باطراد مع المسافة، وأن " معامل هبل " يتراوح بين ٧٥ كيلو مترًا في الثانية إلى ١٥٠ كيلو مترًا في الثانية على مسافة تساوي مليون بارسك.

ويعتقد الفلكيون أن معدلات الابتعاد ستستمر في الزيادة طبقًا لمعادلة " هبل " الخطية، ويعتبر هذا الخط الآن من المعالم الأساسية للكون، ومن المسلم به أن هذا الخط يمكن مده بغير حد إلى أية مسافة نختارها حسب الإرادة مهما كبرت، أما إذا كان هذا الامتداد له ما يبرره أم لا، فهذا أمر يحتاج إلى تأييد عاجل، بيد أن تحقيق ذلك إلى سرعات تقرب من سرعة الضوء نفسه فربما يقع لسوء الحظ وراء متناول الرصد.

أيضًا، قبل أن ندخل في مناقشة أحدث نظريات نشوء الكون سنعرض بإيجاز للأشعة الكونية التي تفد إلى مجموعتنا الشمسية من الفضاء الخارجي، لما في ذلك من تدليل على أهمية دراستنا للكون ككل.

إذ أن هناك من يعتقد بأن مظاهر الكون الكبرى لا أهمية لها كثيرًا بالنسبة لحياتنا على الأرض، وأنه إذا فنى كل شيء في الوجود ما عدا الشمس والأرض، فلن يضيرنا ذلك في شيء ولكن التقدم الحديث والمتزايد في علم نظام الكون Cosmology يشير بوضوح إلى أن أحوالنا اليومية لا يمكن أن تستمر كما هي لولا وجود أجزاء الكون البعيدة، وإلى أن جميع آرائنا عن الفضاء وخصائصه الهندسية تصبح خاطئة إذا زالت الأجزاء البعيدة عن الكون. ولهذا فإن حياة الإنسان اليومية بأدق تفاصيلها تكوّن مع مظاهر الكون الكبرى كلاً متكاملاً، بحيث يكاد يكون من المستحيل تصور أحدها بمعزل عن الآخر.

لقد ظلت طبيعة الأشعة الكونية لغزًا طوال سنين عديدة، فهي لا تستمر في اختراقها لجوّنا حتى تصل إلى سطح الأرض، ولكنها تصطدم بنوى ذرات الجو اصطدامًا عنيفًا لم نتمكن من إنتاج مثل شدته بالمعامل حتى اليوم. ونتيجة لهذه

التصادمات تتهشم نوى الذرات، وتحتوي الشظايا الناتجة على جسيمات تستطيع أن تتغلغل في الجو حتى تصل إلى سطح الأرض. وقد كانت هذه الجسيمات الثانوية هي التي استدل منها الباحثون على اختراق الأشعة الكونية لجو الأرض.

وقد ظُنَّ في بادئ الأمر أن الأشعة الكونية تتكون من إشعاع ذي موجة قصيرة للغاية من نوع أشعة جاما، وظهر خطأ هذا الرأي عندما تبين أنها ليست متساوية الشدة في جميع أنحاء الأرض، بل إن لها علاقة بالشكل المحلي لمجال الأرض المغناطيسي، والإشعاع لا يتأثر بالمجالات المغناطيسية. وقد أثبت ذلك على الفور أن الأشعة الكونية لابد أن تكون مكونة على الأكثر من جسيمات مادية، وأدى هذا إلى القول بأن الأشعة الكونية عبارة عن إلكترونات متحركة بسرعات عالية جدًا تقرب من سرعة الضوء نفسه. ولكن اتضح فما بعد أن تأثير مجال الأرض المغناطيسي لا يوافق هذا الرأي.

وبتراكم المعلومات عن طبيعة الجسيمات الثانوية أصبح من الواضح أنه إذا كانت الأشعة تحتوي على إلكترونات فإنها لا تحتوي عليها إلى بنسبة ضئيلة جدًا، ويحتمل أن هذه الأشعة تكاد تكون كلها مكونة من بروتونات.

وفي مؤتمر عقد بكمبردج عام ١٩٤٦ سخر المشتركون من رأي مؤداه أن الأشعة الكونية ربما تحتوي على نوى ذرات أخرى غير الإيدروجين. وقد بدا هذا الرأي غير معقول لدرجة أن أحدًا من رجال المؤتمر لم ير أنه يستحق أن يوضع موضع التحقيق بإرسال منطاد مزود بالأجهزة اللازمة إلى أعالي الجو، وهي تجربة بسيطة لو أجريت لأثبتت في الحال ما إذا كانت توجد بين الجسيمات المكونة للأشعة الكونية نوى ذرات ثقيلة كذرات الأكسجين أو الحديد أم لا. وكان على هذه التجربة أن تنتظر سنتين أخريين ليقوم بها " برات " و" بيترز " بجامعة روشستر. وفي الحال وجدت بالأشعة الكونية ذرات عناصر أخرى غير الإيدروجين.

وأدت دراسة مبدئية لنتاج التجربة الجديدة إلى رأي مؤداه أن الأشعة الكونيـة تحتوي على نوى جميع العناصر بنفس النسب التي توجد بها النجوم العادية المماثلة للشمس. بيد أن دراسات أحدث ألقت ظلالاً من الشك على هذا الرأي، إذ يبـدو أن نوى العناصر الثقيلة مثل الحديد، والمتوسطة الخفيفة مثل الأكسجين، توجد بنـسبة أكبر كثيرًا، قد تبلغ عشرة أضعاف، من تلك التي توجد بها في النجوم العادية.

وتؤدي هذه النتيجة إلى احتمال عجيب، وهو أن الأشعة الكونية تتكـون فـي البداية من نوى ثقيلة فقط، وأن البروتونات ونوى الهليوم والنوى الخفيفة الأخـرى التي توجد بها فيما بعد هي الشظايا الناتجة من تصادم النوى الثقيلة بعضها ببعض. والواقع أنه من الممكن أن نثبت أن تحطيم النوى الثقيلة يمدّنا بتعليل مقبول للغايـة للنسب التي توجد بها نوى الذرات في الأشعة الكونية، وفي هذا تعزيز للفرض الذي مؤداه أن الأشعة الكونية تتكون في البداية من نوى ثقيلة، لكن قوبـل هـذا الـرأي باعتراض مؤداه أنه إذا كانت النوى الخفيفة هي شظايا نتجت من تـصادم النـوى الثقيلة بعضها ببعض، فينبغي إذن أن تكون نوى الليثيـوم والبريليـوم والبـورون موجودة بنسب كبيرة بين جسيمات الأشعة الكونية التي تدخل جوّنا. وكان مـن رأي العلماء التجريبيين بجامعة روشستر لعدة سنوات أن ذلك ليس صحيحًا. لكن " باول" وزملاءه بجامعة برستول أيدوا وجود نوى هذه العناصر.

وفي عام ١٩٤٩ تقدم " فرمى " بنظرية في أصل الأشعة الكونية يقضي أحـد فروضها الأساسية بوجود مجالات مغناطيسية في فضاء ما بين النجوم. وبناء علـى هذا الفرض يستطيع المجال المغناطيسي لسحابة غازية فضائية أن يحرف خطـوط سير الجسيمات المشحونة الموجودة في الفضاء، فإذا كانت الـسحب سـاكنة فـإن عمليات الانحراف هذه لا تغير طاقة التصادمات .. أما إذا كانت السحب متحركـة بسرعات مختلفة، فإن الجسيمات تكتسب طاقة نتيجة للتـصادمات أو الانحرافـات

المغناطيسية. ومن الممكن تصور أن الجسيمات تجول بين مجموعة كاملة من السحب، وأن السحب ذاتها تتحرك بسرعات مختلفة، وتكون الطاقة التي تكتسبها الجسيمات نتيجة للانحرافات المغناطيسية على حساب حركات السحب.

ومن ثم فإنه بالرغم من أن جميع الجسيمات المشحونة تميل إلى التقاط الطاقة من السحب، إلا أن غالبيتها العظمى تبدد ما اكتسبته، وهي تفعل ذلك باصطدامها بعضها ببعض، مما ينتج عنه فقد الطاقة بالإشعاع، وعلى الأخص، بالإشعاع تحت الأحمر.

ونظرية " فرمى " على هذا النحو لا تعلل تعليلاً وافيًا منشأ الأشعة الكونية، وإن كانت قد نجحت في تعليل كيفية تكوين طاقات أكبر إذا كانت توجد فعلاً أشعة كونية منخفضة الطاقة بين الجسيمات الفضائية، ومن ثم لا نزال في انتظار الكشف عن منبع الأشعة الكونية منخفضة الطاقة.

ومن التعليلات المحتملة أن النجوم تحقن غاز الفضاء بالأشعة الكونية منخفضة الطاقة، فقد رأينا أن الشمس نفسها تنتج الأشعة الكونية أحيانًا، والمسألة الرئيسية التي يعكف العلماء على بحثها والوصول إلى نظرية مرضية فيها هي اكتشاف كيفية إنتاج الشمس والنجوم لأشعتها الكونية المنخفضة الطاقة.

(لاحظ أنه يمكن مناقشة التطور التاريخي لنظريات الأشعة الكونية وتحليله في ضوء ما سبق تفصيله عن خصائص المنهج العلمي المعاصر).

والآن، بالنسبة لنظرية الكون الثابت، فإنها ظهرت في منتصف القرن العشرين، وتقوم على أساس أن الكون ثابت على حالته. ويقول أصحاب هذه النظرية أن هناك ترقق في المادة الكونية، أي نقصان في كثافتها. ومرجع ذلك في نظرهم إلى خاصية الانتشار والتمدد المتواصل، تلك الخاصية التي ثبت وجودها

فعلاً من الأرصاد والتجارب الطيفية للمجرات كما أوضحنا من قبل. إلا أن مؤيدي هذه النظرية يعودون فيفسرون ثبوت كثافة الكون بأن هناك وعلى الدوام نشوء لمادة كونية جديدة تُستحدث اطرادًا فيما بين المجرات من فضاء.

وتبعًا لهذا الرأي تكون المجرات القديمة آخذة في الارتداد تدريجًا، أو هي ماضية في الابتعاد شيئًا فشيئًا، في حين تتكون مجرات جديدة بتكاثف المادة المستحدثة في الفراغات الكونية، وهكذا يستمر المشهد على تجدد دائم بلا بداية وبلا نهاية.

ويمكن للتبسيط والإيضاح مقارنة حالة الكون الثابت بحالة بلد يظل تعداده السكاني على ما هو عليه بتساوي عدد المواليد وعدد الوفيات، فالمجرات القديمة تبتعد عنا أكثر فأكثر إلى ما لا نهاية، بل إلى درجة سوف يتعذر معها مشاهدتها بأية وسيلة في المستقبل، حيث تكون سرعة ابتعادها عنا مساوية لسرعة الضوء المنبعث منها. بينما مجرات أخرى تستحدث وتتكون في الفراغ الواقع بينها.

ويتضح أن نظرية الكون الثابت هذه تتعارض مع القوانين الفيزيائية الخاصة ببقاء الطاقة والمادة، وهي قوانين ومبادئ لا تزال صالحة بالرغم من تقدم قوانين الفيزياء المعاصرة.

كذلك، هناك ما يناقض هذه النظرية من شواهد محسوسة تدل على أن المجرات البعيدة تتطور مع الزمن. فلو فرضنا أننا نشاهد مجرة ما على بعد ٣٠٠ مليون سنة ضوئية، فإننا نشاهدها كما لو كانت فعلاً من هذا الزمان، وذلك لأن الضوء يستغرق كل هذا الزمن حتى يصل إلينا الآن. ولما كانت العشائر النجمية في المجرات تتطور مع الزمن، فمن البديهي عندئذ أن نستنتج أن المجرات كانت تتضمن عمالقة النجوم الحمر في شبابها بأكثر مما تتضمنه في عمر كانت فيه أنضج نسبيًا. ومثل هذا التعليل يوضح لنا سبب الاحمرار المشاهد، والأمر يقتضي

بعد ذلك أن نسلم بأن خصائص المجرات في الماضي تختلف عنها بوجه عام في الحاضر. وفي هذا تعارض مع نظرية الكون الثابت.

أما بالنسبة للنظرية الانفجارية، أو نظرية الكون المتطور التي وضعها "ليمتر"، فهي تقضي بأنه إذا كانت المادة في الكون تتمدد وتنتشر، فلابد والحال كذلك أنها كانت منذ حوالي عشرة آلاف مليون سنة خلت في حالة انضغاط شديد تولدت عنه درجة عالية من الحرارة ودرجة عالية من الكثافة. ومعنى ذلك أن الذرة البدائية أو المادة الأولى (الهيولي) إنما كانت في حالة مواتية لجميع التفاعلات النووية، وحينئذ حدث الانفجار الكوني.

وتمدد الغاز الأولى الناشئ عن ذلك الانفجار وراح يملأ الكون باتساق وانتظام، ونتيجة لهذا الانتشار أخذ الغاز يبرد تدريجيًا، كما أخذت الكثافة في التخلخل نسبيًا، ولاشك أن تناقص الحرارة كان مواتيًا لعملية التجمع والتزايد من بروتونات ونيوترونات وإلكترونات، غير أن النسبة الكبيرة من المواد الثقيلة تكونت داخل النجوم ذاتها، ثم انتشرت في الكون لما حدث من انفجار كبير داخل المتجددات العظمى من النجوم، ثم إن هذه المواد قد تتزايد بالتراكم على النجوم الموجودة أصلاً، أو أنها تتكثف إلى نجوم جديدة تحتوي على تركيز أعلى من العناصر الثقيلة.

ولقد كانت كثافة الكون عند البدء ممثلة في طاقة إشعاعية حرارية حركية تفوق بكثير طاقة الجهد للمادة، ونتيجة لذلك أخذ الكون في التمدد والانتشار على مر الزمان. ثم تناقصت الطاقة الإشعاعية حتى تساوت مع كثافة المادة، ثم استمرت في النقصان حتى عن كثافة المادة ذاتها، حتى أصبحت كثافة المادة هي المهيمنة وهي إحدى الخصائص الهامة التي توضح لنا طبيعة الكون.

وقد نحصل على قيمة الكثافة من تعداد المجرات في المجال المرئي وفقًا

لحدود متوالية من اللمعان الظاهري، كما نتعرف على وحدة الكتلة المتوسطة للمجرات من حركاتها حول مركزها. ومن ثم يمكن التعرف على كثافة المادة في الكون. غير أن كثيرًا من المجرات يشتمل على مواد غير مضيئة على شكل غيامات غازية فيما بين النجوم من فراغات. ومن البيانات الحديثة وجد أن كتلة تلك المواد غير المضيئة لا يتجاوز بعض كسور في المائة من كتلة المجرات، أما في المجرات غير المنتظمة شكلاً فقد تبلغ قيمة هذا الكسر حوالي ٣٠% من الكتلة المتوسطة للمجرات.

من ناحرة أخرى، تبين من التحليل العلمي لجميع القياسات التي تمت أنه لا توجد قياسات مباشرة للسرعة أو المسافة، ولكن القياسات تتم عن طريق معرفة إزاحة الخطوط الطيفية نحو الأحمر، وكذا معرفة اللمعان الظاهري للمجرات. كما تبين من نظرية أينشتين للنسبية العامة أنه في حالات الإزاحة الكبيرة نحو الأحمر يوجد أكثر من تعريف للمسافة بيننا وبين الجرم السماوي،وبناء عليه فإنه توجد أكثر من سرعة لهذا الجسم، لأن السرعة هي معدل التغير في المسافة بالنسبة للزمن.

من هنا يتبين أن الإزاحة نحو الأحمر إنما ترتبط بعلاقات مختلفة وفقًا لكل تعريف من تعاريف السرعة، وفي حالة الإزاحات الطيفية الصغيرة نسبيًا نحو الأحمر فإن الفروق في السرعات المختلفة تتلاشى وتبقى لدينا سرعة موحدة لمسافة محددة. لهذا يمكن القول بصفة عامة أن سرعة ابتعاد المجرات هي دالة في البعد، وهذه الدالة ليست خطية سوى في حالة المجرات القريبة.

والعلاقة المباشرة هنا بينما يشاهد من الإزاحة نحو الأحمر واللمعان تؤدي مع الامتزاج بنظرية أينشتين العامة إلى قيم عددية لعاملين أحدهما هو " ثابت هبل " والآخر هو " ثابت العجلة ". وقد ذكرنا من قبل أن " ثابت هبل " يتطلب معرفة اللمعان المطلق والظاهري وتتراوح قيمته بين ٧٥ و ١٥٠ كيلومتر في الثانية في

كل مليون بارسك، أما ثابت العجلة فهو سالب في علامته ويعني أن انتشار الكــون يتباطأ مع الزمن،

ومن الواضح أن اللمعان الظاهري المشاهد للمجرة يتعذر الحصول عليه بدقة كافية، ولكن جميع الأرصاد الحديثة تشير إلى معامل سالب للعجلة، أي إلى التباطؤ في الانتشار على مسافات كبيرة. وهذا بالرغم من أن القيمة الحقيقية غير معروفــة اليوم بدقة كافية، إلا أن الموقف العلمي في هذه الحالة يشبه إلى حد كبيــر موقــف العالم الفلكي جوهانس كبلر في القرن السابع عشر للميلاد، عنــد تحليلــه لأرصــاد المريخ ثم التعرف من هذه الأرصاد على قوانين الحركة الثلاثة الخاصة بالكواكــب السيارة. فالأرصاد التي كانت أمام كبلر لم تكن من الكفاية ولا من الدقة التي تؤهله لما فعل،وبالرغم من إغفاله هذه الفوارق، فإنه قد حصل على قوانينه المشهورة التي مهدت فيما بعد لنيوتن اكتشاف القانون العام للجاذبية التثاقلية.

ومرة أخرى، إذا استخدما عامل العجلة السالب مع القيمة التي حصلنا عليهــا لكثافة الكون فإننا نحصل من معادلات أينشتين على قيمة مجهــولين همــا الثابــت الكوني وانحناء الفضاء. ويتضح أن إشارة الثابت الكوني ســالبة، وهــذا يعنــي أن الكون يشتمل على قوة إضافية للجاذبية تعمل على ربط المادة بعضها ببعض، ممــا يعمل على تباطؤ التمدد. وقد كانت هذه القوة الإضافية سالبة وفقًا للنظريات السابقة وسميت أحيانًا بقوة تنافر المادة.

أما النتيجة الثانية، وهي أن الانحناء سالب في علامته، فتعنــي أن الفــضاء لا نهائي.

وإشعاع النجوم سوف يضيف إضافة فعالة للمجال الإشعاعي وخاصــة فــي الجزء المرئي من الطيف، حيث تكون قيمة إشعاع المجال عند درجة ثلاثة مطلقــة ضئيلة جدًا. أما في الجزء ما تحت الأحمر مــن الطيــف فإنــه يتــأثر بالأضــواء

البروجية والإشعاع الصادر من حبات الرماد فيما بين النجوم. والأدلة تشير إلى أن المجال الإشعاعي له خصائص الجسم الأسود. وهذا يعني أنه إذا كان الكـون فـي بدايته على درجة عالية من الحرارة والكثافة، فإن كثيرًا من الإشعاع البدائي لابـد وأن يكون موجودًا حاليًا في أيامنا هذه، وأن يكون قد أزيح نحو الأحمر نظرًا لتمدد الكون. وبناء على ذلك فإن كثافة الكون قد كانت عالية جدًا في بادئ الأمر، وكانت أعلى بكثير مما هي عليه الآن، وهذا يناقض نظريـة الكـون الثابـت ذي الكثافـة الموحدة، كما أن المجال الإشعاعي الذي نشاهده الآن بالأرصاد على درجة حـرارة ٣ كلفن يؤيد نظرية التطور والانفجار البدائي الأعظم.

والتقديرات الحالية لدرجة الحرارة في الكون، وكذلك الكثافة، تسمح بحساب هاتين الكميتين عند البداية، وتسمح أيضًا بالتعرف على معدل التفـاعلات النوويـة التي حدثت في الماضي السحيق. ومن هنا نحصل على معدل تحـول الهيـدروجين إلى هيليوم. وقد وجد أن هذه القيمة التي نحصل عليها بالحساب تتفق إلى حد كبيـر من القيمة المستنتجة من الأرصاد الفلكية.

ولقد دلت الدراسات الحديثة على أن ظاهرة الإزاحة نحو الأحمر، أو ظـاهرة تمدد الكون، إنما هي ظاهرة متجانسة في كل الاتجاهات، وبدرجة من الدقـة أكبـر بكثير من النتيجة التي توصل إليها العلماء من قبل عن طريق الأرصـاد الطيفيـة للمجرات والإزاحة نحو الأحمر. فقد قام عدد من الباحثين فـي جامعـة برنـستون بقياس الشدة المتوسطة للإشعاع على موجة طولها ثلاثة سـنتيمترات ووجـدوا أن القيمة التي حصلوا عليها لا تتغير بالاتجاه.

وقد لوحظ أخيرًا أن تسرب الإشعاع عند درجة ٣ مطلقـة مخترقًـا رحـاب الكون يرتبط ارتباطًا هامًا مع الأشعة الكونية. فمـن المنتظـر أن الفوتونـات ذات الطاقة المنخفضة تصطدم مع إلكترونات ذات طاقة عالية فتسلبها بعض هذه الطاقة،

مما يؤدي إلى نضوب مورد الإلكترونات ذات الطاقة العالية، وقد تؤدي هذه العملية إلى مقادير محسوسة من الأشعة السينية.

وإذا كانت هناك فوتونات أشعة جاما ذات طاقة عالية جدًا تسبح في فضاء ما بين المجرات، فإن هذه قد تنعدم إثر تصادمها بالفوتونات ذات الطاقـة المنخفـضة على درجة ٣ ْمطلقة ويمتنع بذلك ظهور أشعة جاما، ونفـس الـشيء قـد يحـدث للبروتونات ذات السرعة العالية جدًا. وعمومًا، فـإن كـشف المجـال الإشـعاعي الراديوي قد فتح عصرًا جديدًا في العلوم الكونية يعتمد أساسـا علـى التجـارب والقياسات العلمية، وينبئ كل يوم عن حقائق علمية في هذا الكون تفوق الخيال.

(لاحظ أهمية المنهج الاستردادي وتطوره ليلائم البحث في هذا المجال مـن العلوم الطبيعية والكونية المعاصرة).

٩

العلوم الكيميائية

نبذة تاريخية :

الكيمياء هى أحد العلوم التى مارسها الإنسان منذ القدم، ولكن تاريخها فى العالم القديم يكتنفه الغموض ولا نعلم منه إلا ما كشفت عنه دراسات العلماء المعاصرين وبحوثهم التى أجروها على بعض المصنوعات والآثار الباقية من عصور الحضارات الرائدة .وتدل التحاليل الكيميائية الحديثة على أن المصريين القدماء عرفوا معدن النحاس ومزجوه بالقصدير للحصول على النحاس الأصفر، كما صنعوا الزجاج من الرمل ومزجوا الذهب بالفضة وعالجوا الحديد الخام للحصول على الفولاذ واستخدموا القصدير فى طلاء الأوانى النحاسية لمنع التأكسد وحدوث الصدأ، وأتقنوا فن التحنيط وصنعوا الأصباغ لتلوين الثياب والأوانى الفخارية، ورسم الصور والنقوش على المصنوعات والأدوات وجدران المبانى . ويبدو أن المصريين احتفظوا بتفوقهم فى هذا المجال حتى ظهور العصر الإسلامى، فقد ذكر ابن القفطى فى كتابه " أخبار العلماء بأخبار الحكماء " أن روشم المصرى الكيميائى كان بمصر قبل الإسلام وهو قيم بعلوم الكيمياء وأصولها وتفصيلها وإحكام أمر تركيبها وإبانة الأدلة على وجودها وله فى ذلك كتب جليلة مشهورة عند علماء هذا النوع يتنافسون فى تحصيلها والظفر بها .

أيضاً كشفت الدراسات الحديثة عن معرفة حضارات الشرق القديم بعلم الكيمياء، فقد استطاع الفرس أن يكرروا النفط تكريراً بدائياً ويستخلصوا عدداً من

مشتقاته الأولية، وعرف الهنود والصينيون والبابليون والفينيقيون صناعة النحاس الأصفر، وتحضير الأصباغ بطرق مشابهة لما صنعه المصريون.

أما بالنسبة للإغريق والرومان فلم يثبت أنهم اشتغلوا بالكيمياء أو عرفوها، اللهم إلا فيما يتعلق بالجانب النظرى والفلسفى للعلم الإغريقى الذى يقوم على تفسير المعرفة الحسية عن طريق التأمل وإعمال العقل فى كليات الأشياء والظواهر ثم استنباط الجزئيات بعد ذلك بطريقة منطقية.

وحقيقة الأمر أن الجانب العملى والتطبيقى الذى أسفرت عنه الدراسات الحديثة للمصنوعات القديمة إنما تحقق فى العصور القديمة على قواعد علمية سليمة. ولكن إلى جانب هذا نشأت كيمياء خرافية عرفت باسم الصنعة وسيطرت على المشتغلين بها فكرة إمكانية تحويل المعادن الخسيسة كالنحاس والرصاص والحديد والقصدير إلى معادن نفيسة كالذهب والفضة، وحلم المتيمون بهذا العلم باكتشاف أكسير الحياة الذى يطيل العمر ويعيد الشباب . وبقى هذا العلم الفاشل شغل الناس وشاغلهم طوال العصور القديمة، وسرى تياره إلى بعض علماء العرب فى العصور الوسطى وبعض الكيميائيين الأوربيين فيما بعد، وتاجر به المحتالون والمشعوذون مستغلين ضعف العامة وأنصاف المتعلمين أمام إغراءات الثراء والسعادة والصحة وطول العمر. وكان أهل الصنعة يعملون فى سرية وتكتم شديد لكى يضيفوا على مهنتهم أهمية وجلالاً ويضعوا حولها هالة من الغموض والأسرار.

الكيمياء فى عصر الحضارة الإسلامية :

بدأت الكيمياء بعد الإسلام كأى علم آخر بترجمة كتب اليونانيين وعلماء مدرسة الإسكندرية،و قد بدأت هذه المرحلة على يد خالد بن يزيد بن معاوية، وازدهرت فى عهد الإمام جعفر الصادق لما تميز به كل منهما من حب للعلوم والعلماء، فأسديا بذلك خدمات جليلة لحفظ التراث وتشجيع المعرفة، وأثرا تأثيراً

كبيراً فى تاريخ العلوم، ووصلوا ما بين القديم والجديد، وأتاحوا الفرصة أمام العلماء لاستيعاب النظريات القديمة فى مختلف فروع المعرفة، وهيأوا الظروف بعد ذلك لظهور مرحلة التأليف والإبداع على أيدي العديد من عباقرة التاريخ وصناع المعرفة وأولهم جابر بن حيان الملقب بشيخ الكيميائيين وأستاذ الذين جاءوا بعده فى الكيمياء تأليفاً وبحثاً وابتكاراً.

ومن الطبيعى أن تكون نظرية العناصر الأربعة هى أول ما يشد علماء العرب ويجذب انتباههم من بين نظريات علماء الإغريق لشهرتها وذيوعها، فتلقفوها وتناولوها بالدراسة والبحث المتعمق باعتبارها أول لبنة قامت عليها صنعتهم، ثم بدأوا فى تقييمها ونقدها، واختلفت آراؤهم حولها بين مؤيد ومعارض ومحايد. أما المؤيدون الذين كان اعتقادهم قوياً بإمكانية تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب وفضة فنذكر منهم العالمين الجليلين جابر بن حيان وأبا بكر الرازى، وإن كان فضلهما فى وضع وتطبيق المنهج العلمى التجريبى للكيمياء واضحًا وجليًا، وسبقهما إلى اتباعه قبل بيكون وديكارت مثبت فى مؤلفاتهما العديدة التى نهل منها علماء الغرب واعتمدوا عليها فى تطوير فروع الكيمياء الحديثة . وأما المحايدون الذين وقفوا أمام النظرية معجبين بالشكل والصياغة ولكنهم حكّموا التجربة فوجدوا تحقيق النظرية أمراً مستحيلاً، فنذكر منهم العالمين العظيمين أبا الريحان البيرونى والشيخ الرئيس ابن سينا، اللذين يقول عنهما البروفسور كريستوفر تول أنهما اعتقدا فى صحة النظرية اليونانية عن إمكانية صنع مواد جديدة بمحاكاة الطبيعة فى أفعالها، واعتقدوا أيضاً فى نظرية الكبريت والزئبق، ولكنهما عارضا إمكانية تنفيذ ما تقول به النظرية لأن رأيهما فى الصنعة أنها لا يمكن أن ترقى إلى محاكاة الطبيعة.

ويحاول ابن سينا أن يقيم الحجة على بطلان هذه الصنعة فى كتابه "الشفاء" معتمداً على أن الفلزات كلها مشتركة فى النوعية، وأن الاختلاف الظاهر بينها إنما

هو باعتبار أمور عرضية يجوز انتقالها، فيقول : " نسلّم بإمكان صبغ النحاس بصبغ الفضة، والفضة بصبغ الذهب، وأن يزال عن الرصاص أكثر ما فيه من النقص، فأما أن يكون المصبوغ يسلب أو يكسى فلم يظهر لى إمكانه بعد، إذ هذه الأمور المحسوسة يشبه أن تكون هى الفصول التى بها تصير هذه الأجساد أنواعاً، بل هى أعراض ولوازم وفصولها مجهولة. وإذا كان الشئ مجهولاً فكيف يمكن أن يقصد قصد إيجاد أو فناء ". يوضح ابن سينا أن ما يبدو لنا بعد الصبغ أنه ذهب أو فضة ليس فى الحقيقة ذهباً أو فضة ولكنه شديد الشبه بهما .

وأما المعارضون لنظرية الأخلاط الأربعة شكلاً ومضموناً منذ اللحظة الأولى فنذكر منهم فيلسوف العرب أبا يوسف يعقوب بن اسحق الكندى ولسان اليمن أبا محمد الحسن بن أحمد الهمدانى. فبالرغم من أن علماء الفلسفة يعتبرون الكندى من أنصار الفلسفة اليونانية، وأنه أخذ الفلسفة الأرسطية فدرس ما ترجم إلى العربية وحاول إصلاحه وشرحه وتهذيبه، ثم أسس أول مذهب فلسفى إسلامى نهج فيه منهجاً فلسفياً يقوم على العناية بسلامة المعنى من الوجهة المنطقية واستقامته فى نظر العقل، إلا أنه فيما يتعلق بالكيمياء رفض نظرية أرسطو فى تحويل المعادن إلى ذهب وفضة، ورأى أن الاشتغال بالكيمياء للحصول على الذهب مضيعة للوقت والمال، بل إنه حذر من أن الاشتغال فى الكيمياء بقصد الحصول على الذهب يذهب بالعقل والجهد، وألف لهذا الغرض عدة رسائل منها : "رسالة فى التنبيه عن خدع الكيميائيين" و"رسالة فى بطلان دعوى المدعين صنعة الذهب والفضة وخدعهم". ولم يكتف الكندى بمهاجمة هذا العلم الفاشل ولكنه ألف فى مجال الكيمياء التجريبية رسائل هامة منها : " رسالة فى أنواع الجواهر الثمينة " و"رسالة فى ما يصبغ فيعطى لوناً " و"رسالة فى كيمياء العطور " و"رسالة فى العطور وأنواعها " و"رسالة فى تلويح الزجاج "، و"رسالة فى أنواع السيوف والحديد " و"رسالة فيما

يطرح على الحديد والسيوف حتى لا تتثلم ولا تكل ". وللكندى رسالة هامة فى قلع الآثار عن الثياب تشتمل على كثير من المواد الكيميائية التى تستعمل حالياً لتنظيف الثياب والقماش من البقع والمواد الغريبة التى تصيبها وإزالتها عنها .

وكان لآراء الكندى والهمدانى وغيرهما من الذين حاربوا النظرية القديمة فى تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب أكبر الأثر فى اضمحلال تأثير تلك النظرية وتلاشى أتباعها تدريجياً، لدرجة أنه بمجئ القرن الثالث عشر الميلادي عرض زين الدين عبدالرحمن الجوبرى فى كتابه " كشف الأسرار وهتك الأستار " ثلاثمائة طريقة يخدع بها أهل الصنعة القديمة السذج من الناس. كما تهكم الصفدى فى مطلع شرحه لقصيدة لامية العجم بقوله إن صناعة الكيمياء لم تصح فى العلم ولكنها صحت فى العشق والأدب.

ومن فضل الله على المسلمين أن محاربة النظرية اليونانية بدافع من تعاليم الإسلام ومحاربته لأعمال السحر والشعوذة، قد عادت عليهم بفائدة كبيرة تمثلت فى ممارستهم العملية المنظمة لعلم الكيمياء التجريبى، وبذلك أصبحت الدعوة إلى محاربة حلم تحويل المعادن وعزل المواد عن بعضها البعض بمثابة دعوة فى صفوف المثقفين المسلمين إلى إجراء التجارب العديدة وتحليل المواد المختلفة وفصلها وتعريفها حتى وصلوا فى مختبراتهم إلى علم الكيمياء التجريبية فى مفهومه العلمى وأوصلوه إلى أعتاب اكتشاف علميْ الكيمياء العضوية والكيمياء غير العضوية، ويجمع مؤرخو العلم والحضارة على أنك لا تستطيع أن تعد من بين الكيميائيين من اليونان عالماً تجريبياً واحداً، بينما تجد المئات من علماء العرب من الكيميائيين الذين يصطنعون فى بحوثهم الملاحظة الحسية والتجربة العلمية . . وأن الفضل فى ابتداع الكيمياء علماً تجريبياً يكاد يرتد كله إلى المسلمين، لأنهم هم الذين اصطنعوا مناهج البحث العلمى فى ميدان كان يجهله اليونان .

وفيما يلى سنعرض لبعض المؤلفات الكيميائية التى تعكس بقــدر الامكــان أهــم المجالات والقضايا والخصائص المميزة لعلم الكيمياء فى تراث الحــضارة الإســلامية، موضحين من خلال ذلك حرص العلماء على اتباع المنهج التجريبــى وتمــسكهم بـــه كأسلوب علمى ضرورى لتطور العلوم وتقدمها . ونظــراً لأن الكيميــاء فـــى عــصر النهضة الإسلامية تحولت من الصنعة الخرافية إلى العلم التجريبى، فإننا ســنعطى كــل اهتمامنا للعلم وليس للصنعة التى ولع المؤرخون بأساطيرها ونوادرها وأطالوا الحــديث عنها فى كتبهم ومؤلفاتهم.

ولما كانت الكيمياء العربية تعرف بعلم جابر فإننا سنبدأ بعرض منهجـــه وفكـــره من خلال كتابه "الإيضاح" الذى فحص فيه نظريات القدماء وحللها تحلــيلاً دقيقـــاً، ثــم أدخل تعديلات جوهرية على نظرية أرسطو عن تكوين المعادن والفلزات، وبين أنها لا تساعد على تفسير بعض التجارب وتلائم بعض الحقــائق العلميـــة المعروفـــة آنـــذاك، وخرج بنظرية جديدة تعتمد على فكرة العناصر الأربعة ولكنها تقضى بتكون الفلـــزات من هذه العناصر على مرحلتين : الأولى تحول العناصر الأربعة إلى عنصرين جديدين هما الزئبق والكبريت، والثانية اتحاد هذين العنصرين بنسب متفاوتة لتكـــوين الفلـــزات المختلفة. وقدم جابر تفصيلات كثيرة لنظريته فى معظم كتبه الأخرى، فعالج فى كتابـــه "الموازين" معادلة ما فى المعادن من طبائع وجعل لكل معدن موازين خاصة بطبائعـــه . واعتبر أن الذهب يمثل الحالة المثالية لتوازن الطبائع الأربع فيه، وذلـــك لأنـــه أصـــبر المعادن على النار، أما الفلزات الأخرى فطبائعها غير متوازنة، وإذا ما تعادلـــت هـــذه الطبائع فى أى من هذه الفلزات تحت ظروف معينة أمكن تحويله إلى ذهـــب الإبريـــز. وقد بقى معمولاً بنظرية جابر عن تكوين الفلزات حتى القرن الثامن عـــشر للمـــيلاد . حيث طرأ عليها هى الأخرى بعض التعديلات وتحولت إلى نظرية "الفلوجستن" القائلـــة بأن كل المواد القابلة للاحتراق والفلزات القابلة للتأكسد تتكـــون مـــن أصـــول زئبقيـــة

وكبريتية وملحية.

وبصرف النظر عن الجهود التى بذلها جابر بن حيان فى بحثه عن الذهب أو عن الإكسير الذى يقلب المعادن الخسيسة إلى معادن نفيسة - وهذا عيب يؤخذ عليه - إلا أنه، فيما يقول بول كراوس ناشر ر سائله، من أعظم رواد العلوم التجريبية لأنه جعل الميزان أساساً للتجريب، وهذا خير أداة لمعرفة الطبيعة معرفة دقيقة وقيـــاس ظواهرها كمياً، ومن ثم قدم جابر أقوى محاولة فى العصور الوسطى لإقامة مذهب كمى لعلوم الطبيعة، وعبر عن منهجه فى وصيته الشهيرة لتلاميذه بقولـــه : " وأول واجب أن تعمل وتجرى التجارب، لأن من لا يعمل ويجرى التجارب لا يصل إلـــى أدنى مراتب الإتقان، فعليك يا بنى بالتجربة لتصل إلى المعرفة " وأكد علـــى ذلـــك كلما جاءت مناسبة فى كتبه التى يصعب حصرها، فقـــال فـــى كتـــاب " الخـــواص الكبيرة " : " قد عملته بيدى وبعقلى من قبل وبحثت عنه حتى صح وامتحنتـــه فمـــا كذب ". وهو بذلك يستوفى عناصر المنهج التجريبى كما نعرفه اليوم، فإذا اعتبرنـــا الملاحظة تسجيلاً لظاهرة طبيعية، فإن التجربة تسجيل لظواهر مستثارة صـــناعياً، ومن هنا لزم أن تتدخل يد المجرب للعمل على ظهور تلـــك الظـــواهر التـــى هـــى بالطبيعة خافية عليه، وأثناء ذلك يعمل الذهن فيما قد حصلته اليد حتى ينتهـــى إلـــى فرض نمتحنه بالتجربة ليثبت صدقه أو كذبه، فالتجربة إذن هى المحك فـــى مـــنهج جابر، أما العلم والمعرفة المسبقة فهما من شروط نجاح التجربـــة، وعنهمـــا يقـــول جابر فى "كتاب السبعين" : " من كان درباً كان عالماً حقاً "، ويقـــول فـــى "كتـــاب التجريد" : "إياك أن تجرب أو تعمل حتى تعلم، ويحق أن تعرف الباب من أوله إلى آخره بجميع تنقيته وعلله، ثم تقصد لتجرب فيكون فى التجربة كمال العلم ". ويكمل جابر صورة منهجه التجريبى الاستقرائى فى كتابه "الخواص" فيقول " إنه ينبغى أن نعلم أولاً موضوع الأوائل والثوانى فى العقل كيف هى حتى لا نشك فى شئ منهـــا،

ولا نطالب فى الأوائل بدليل ونستوفى الثانى منه بدلالته ". أى أن المسلمات والبديهيات لا تستنبط ولا تحتاج إلى دليل أو برهان، وما يأتى بعدها فى الترتيب يستند إليها، وأخيراً لا يفوت جابر أن يتعرض لدور القياس وفكرة الاحتمالية فى منهجه فيقول فى "كتاب التصريف" :" ليس لأحد أن يدعى بالحق أنه ليس فى الغائب إلا مثل ما شاهد، أو فى الماضى والمستقبل إلا مثل ما فى الآن ". ويقول فى "كتاب الخواص الكبير" الذى اعتبره هولميارد من أهم كتب جابر فى الكيمياء : " إنا نذكر من هذه الكتب خواص ما رأيناه فقط – دون ما سمعناه أو قيل لنا أو قرأناه – بعد أن امتحناه وجربناه، وما استخرجناه نحن قايسناه على أقوال هؤلاء القوم ".

وهكذا تجاوز جابر حدود الآراء النظرية المميزة لعلوم الإغريق والهنود وانتقل إلى المختبر وإجراء التجارب بكل مقومات العالم المجرب والباحث المدقق فأثرى تراث الحضارة الإسلامية بمؤلفاته واكتشافاته وإنجازاته التى نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر أنه عرف كثيراً من العمليات الكيميائية كالترشيح والتبخير والتقطير الجزئى والتصعيد والتبلور والإذابة والتكليس، وأنه توصل إلى أن مركبات النحاس عند تعريضها للهب تكسبه لوناً أزرق، وهو ما أثبتت صحته النظرية الذرية الحديثة. وتوصل إلى أن الشب يساعد على تثبيت الأصباغ فى الأقمشة، وهو ما يفسر فى ضوء العلم الحديث بأن الشب، وهو أحد أملاح الألومنيوم، له خاصية الالتصاق على الألياف وتكوين أملاح معقدة مع الأصباغ، وبذلك يكون وسيلة لربط جزيئات الأصباغ الملونة على القماش .

كذلك توصل جابر إلى تحضير الكثير من المواد الكيميائية وعرض خصائصها، مثل نترات الفضة، وحمض الخليك المركز، وحمض النيتريك، وكبريتيد الأنتيمون، وغيرها. ويقول عن تحضير الزنجفر أو كبريتور الزئبق : " لتحويل

الزئبق إلى مادة صلبة حمراء، خذ قارورة مستديرة وصب فيها مقداراً ملائماً من الزئبق واستحضر آنية من الفخار بها كمية من الكبريت حتى يصل إلى حافة القارورة، ثم أدخل الآنية فى فرن واتركها فيه ليلة بعد أن تحكم سدها . فإذا ما فحصتها بعد ذلك، وجدت الزئبق قد تحول إلى حجر هو ما يسميه العلماء بالزنجفر، وهى ليست مادة جديدة فى كليتها، والحقيقة أن هاتين المادتين لم تفقدا ما هيتهما، وكل ما حدث أنهما تحولتا إلى دقائق صغيرة امتزجت ببعضها فأصبحت العين المجردة عاجزة عن التمييز بينهما، وظهرت المادة الناتجة من الاتحاد متجانسة التركيب، ولو كان فى قدرتنا وسيلة تفرق بين دقائق النوعين لأدركنا أن كلا منهما محتفظ بهيئته الطبيعية الدائمة " . ويعلق الدكتور عبدالحليم منتصر فى كتابه " تاريخ العلم" على هذا الوصف بأنه تصوير عجيب للاتحاد الكيميائى، لعله لا يختلف كثيراً عن النظرية الذرية التى وضعها دالتن بعد جابر بنحو ألف عام، وهى التى تقول أن الاتحاد الكيميائى يكون باتصال ذرات العناصر المتفاعلة بعضها ببعض .

وتظهر دقة جابر فى وصفه للعمليات الكيميائية من تمييزه بين التقطير والترشيح بقوله : "إن قال قائل ما إيثار تقطير الماء هذا التقطير الكثير وما الحاجة إلى ذلك، إنه لتعنت فى الصناعة، والجواب : ليطهر من دنسه، وإن قال : قد يظهر من دنسه بغير التقطير مثل التصفية، فالجواب أن التصفية تبعد ما يظهر من أوساخه وأدناسه، ولما كانت الأوساخ التى فى الماء مخالطة لنفس جرمه فالتصفية لا تعمل شيئا البتة".

أيضاً ربط جابر بين الكيمياء والطب، وألف فى ذلك "كتاب السموم ودفع مضارها"، وترجمت معظم أعماله إلى اللغة اللاتينية فأثرت فى ازدهار الحركة العلمية فى عصر النهضة الأوربية.

وننتقل الآن إلى علم آخر من أعلام الحضارة الإسلامية، احتل مكانته اللائقة

فى علم الطب فلقبوه بجالينوس العرب، وكاد يقف على قدم المساواة مع أستاذه جابر فى الكيمياء فعده البعض من مؤسسى الكيمياء الحديثة فى الشرق والغرب . هذا العالم هو أبوبكر الرازى، ومؤلفاته الكيميائية عديدة ومتنوعة، وسنعرض لمنهجه فيها من خلال كتابه " الأسرار" الذى قال فى مقدمته أنه "شرح فيه ما سترته القدماء من الفلاسفة .. بل وفيه أبواب لم ير مثلها ". وفى هذا الكتاب يسير الرازى على منهاج جابر ويعمل تلميذاً مجداً فى مدرسته، ولكنه يبدو أكثر قرباً من أستاذه إلى المنهج العلمى فى الكيمياء الحديثة، ويبحث فى كتابه فى ثلاثة معان هى معرفة العقاقير بأنواعها الثلاثة : الترابية والنباتية والحيوانية، ومعرفة الآلات ومعرفة التدابير (أى التجارب) . وقد وصف الرازى مواد العقاقير وصفاً دقيقاً ومسهباً كما شرح خواصها وصفاتها وطرق تنقيتها وكيفية التمييز بينها ومعرفة جيدها من رديئها، وجعل المواد الترابية، أى المعدنية، وغير العضوية – ستة أنواع هى الغازات والمعادن والحجارة والزاجات والبوارق . وفى القسم الثانى وصف الرازى الكثير من الآلات والأجهزة المستعملة فى التجارب وجعلها على نوعين : نوع لتذويب المعادن كالمنفخ والكور والبوتقة والماشة، ونوع آخر لتذويب العقاقير كالأقداح والقنانى والأنبيق والمستوقد والأتون وغيرها .

وكان الرازى فى كتابه هذا وغيره قد وصف ما يزيد على عشرين جهازاً، منها الزجاجى ومنها المعدنى، واهتم بشرح كيفية تركيب الأجهزة المعقدة وصيانتها وطرق استعمالها على غرار ما نراه الآن فى الكتب الحديثة التى تتعلق بالمختبرات والتجارب العملية. وفى القسم الثالث من الكتاب شرح لأول مرة كيفية إجراء التجارب لتحضير العقاقير ووصف العمليات الكيميائية المستخدمة فى ذلك موضحاً سير التفاعلات الكيميائية والنتائج المؤدية إليها، وعرف علم الكيمياء لأول مرة الأسس العلمية لعمليات التنقية من تقطير وتصعيد وتشوية وتكليس وطبخ وتملغم،

وعمليات التحليل والعقد، ولسنا بحاجة إلى عقد مقارنة لتوضيح مدى التطابق بين المنهاج الذى اتبعه الرازى فى إجراء تجاربه، مبتدئاً بوصف المواد التى يشتغل عليها، ثم وصف الأدوات والأجهزة التى يستعملها، ثم شرح الجزء التجريبى ومناقشة النتائج التى يحصل عليها أثناء تحضير المركبات .

واستطاع الرازى بفضل منهجه العلمى أن يتوصل إلى كشف العديد من المركبات مثل حمض الكبريتيك وسماه زيت الزاج أو الزاج الأخضر، كما استخدم الفحم الحيوانى لأول مرة فى قصر الألوان، ولا تزال هذه الطريقة تستعمل فى إزالة الألوان والروائح من المواد العضوية . على أن أهم ما ينسب إلى الرازى فى مجال الكيمياء هو ربطها بالطب والصيدلة واعتبار التفاعلات الكيميائية والفيزيائية الناتجة عن تأثير الدواء فى الجسم . وحضر الرازى الكحول من مواد سكرية ونشوية متخمرة وكان يستعمله فى الصيدليات لاستخراج الأدوية والعلاج، كما درس خصائص الزئبق ومركباته واستحضرها واستعملها كعقار ضد بعض الأمراض .

وللرازى كتب أخرى كثيرة فى الكيمياء ولكن معظمها كان فى الصنعة والبحث عن الأكسير وحجر الحكمة . وترجمت كتب الرازى إلى اللغات الأوربية فساهمت مع كتب جابر بن حيان فى جعل الكيمياء علماً تجريبياً يتطور ويزدهر على أساس علمى سليم بعيد عن الغموض والتستر والطلاسم التى تميز بها فن الصنعة أو الكيمياء القديمة .

ومن بين كتب الكيمياء ذات الأهمية الكبرى فى تراث الحضارة الإسلامية نذكر كتاب "الجماهر فى معرفة الجواهر" لأبى الريحان البيرونى، وفيه يبدأ بجزء لغوى يشمل شعراً رصيناً قاله العرب فى وصف المعادن والجواهر والبلورات والأحجار الكريمة والفلزات، ويستعرض آراء السابقين فى الجواهر والمعادن الثمينة وينتقد نظرية الزئبق والكبريت عن تكوين المعادن فى الأرض، ثم تكلم عن

الذهب والفضة والنحاس والحديد وغيرها ووصفها من حيث صفاتها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، كما بين أماكن خاماتها وطرق استخراجها من هذه الخامات، واستعمل الوزن النوعى للكشف عن نقاوتها . كذلك بحث فى السبائك وشرح الطرق الكيميائية التى حضر بواسطتها بعض المركبات، وبعضها لا يختلف كثيراً عن الطرق العلمية الحديثة . وقام بتحقيق هذا الكتاب علمياً المستشرق السوفيتى كرامكوف، كما قام بتحقيق بعض فصوله الدكتور إدوارد سخاو، ونشره فى لندن عام ١٨٧٨م وأعيد طبعه عام ١٩١٠م.

ويعتبر هذا الكتاب مرجعاً هاماً فى علوم المعادن والبلورات والكيمياء والجيوكيمياء، ليس فقط لأنه جمع كل الآراء السابقة عن هذه العلوم وحوى إضافات جديدة عليها، بل لأنه أيضاً عبر عن رغبة عصره فى نقد الأمور والنظريات المتعلقة بالطبيعة والعالم، وكان البيرونى يرى أن العلم اليقينى لا يحصل إلا من إحساسات يؤلف بينها العقل على نمط منطقى، ومن هنا كان ينهج نهجاً علمياً تتجلى فيه دقة الملاحظة والفكر المنظم كأعظم ما يكون العالم المجرب. وقال البيرونى عن النحاس الذى يوجد فى الطبيعة أنه لا يكاد يخلو من الذهب، وهذه حقيقة علمية عرفت حديثاً بالتحاليل الدقيقة، إذ أن بعض المعادن النحاسية توجد فى عروق الذهب، كما قال إن بعض معادن النحاس تحتوى على بعض الرصاص، والكيميائيون يغيرون فى تركيبه حسب الحاجة . ومن طريف أقواله عن الذهب أنه سمى كذلك لأنه سريع الذهاب بطئ الإيكاب إلى الأصحاب، وقال عن استخراجه : إذا أخذ خام الذهب وطحن وغسل من حجارته، وجمع الذهب بالزئبق ثم عصر فى قطعة جلد حتى يخرج الزئبق من مسامها ويطير ما يتبقى منه فى النار فإن الذهب الباقى يسمى ذهباً زئبقياً، ومازال هذا الاسم شائعاً إلى اليوم، ولعل نفس الطريقة التى يستخرج بها من المناجم الصغيرة هى المتبعة فى هذه الأيام .

ومن العلماء العرب والمسلمين الآخرين الذين امتد نشاطهم إلى علم الكيمياء وأسهموا فى إثراء التراث العلمى للحضارة الإسلامية بالعديد من المؤلفات القيمة والابتكارات الأصيلة نذكر أبا المنصور الموفق بن على الهوارى الذى عرف القلوى وحضر كربونات الصوديوم وكربونات البوتاسيوم وميز بينهما، وأحمد بن مسلمة المجريطى صاحب كتاب "رتبة الحكيم" الذى أوضح فيه أهمية الإلمام بالعلوم الأخرى لمن يريد الاشتغال بالكيمياء لأنها تساعده على قوة الملاحظة والتفكير الدقيق فى العمليات والمواد الكيميائية، وأبا القاسم العراقى صاحب كتاب " المكتسب فى صناعة الذهب"، وعبدالله الكاشانى مؤلف كتاب "صناعة القيشانى" وعز الدين الجلدكى أول من فصل الذهب عن الفضة بواسطة حامض النتريك الذى يذيب الفضة ويترك الذهب، وهى الطريقة المتبعة لفصل المعادن الثمينة عن المعادن الرخيصة، وهو أول من توصل إلى أن المواد الكيميائية لا تتفاعل مع بعضها إلا بأوزان معينة، فوضع بذلك أساس قانون النسب الثابتة فى الاتحاد الكيميائى. وكتابه "التقريب فى أسرار التركيب" أشبه بموسوعة علمية شملت الكثير من البحوث والنظريات الكيميائية . وهناك أيضاً ذو النون المصرى وإخوان الصفا والطغرائى وغيرهم ممن لا يتسع المجال هنا للحديث عنهم.

وعندما انتقل هذا التراث بكنوزه الثمينة إلى أوروبا واطلع علماؤها على إنتاج المسلمين الغزير، أخذوا منه أهم مقومات التقدم العلمى متمثلة فى المنهج التجريبى والاعتماد على الأجهزة والآلات اللازمة للتقدير الكمى الدقيق، إلى جانب أصول العلم وقواعده، ولم يبق أمام أهل أوربا إلا أن ينطلقوا على طريق البحث العلمى الجاد الذى رسمه لهم عباقرة العلم وصناعه فى عصر النهضة الإسلامية.

١٥

العلوم الجيولوجية

(١) علم شكل الأرض (الجيومورفولوجيا) :

إذا بدأنا بعلم شكل الأرض فإننا نعرف أن هذا العلم في صورته المعاصرة يهتم بدراسة التضاريس الأرضية المختلفة فوق سطح اليابسة والمغمورة تحت الماء، ويعني بتتبع أطوارها المتعددة، وتفهم الأسباب والعوامل المؤثرة في تكوينها، وذلك في ضوء ما يسمى " بالنظرية الجيومورفولوجية " الحديثة التي تقضي بأن تطور أشكال سطح الأرض يعتمد على عوامل عديدة كالتعرية والإرساب والحركات الأرضية وغيرها، وهي عوامل ناتجة عن تأثير قوي البناء والهدم.

والباحث المدقق في كتب التراث العلمي يجد العديد من النصوص التراثية التي تؤكد سبق علماء الحضارة الإسلامية إلى وضع أصول النظرية الجيومورفولوجية الحديثة وصياغة المبادئ والمفاهيم العلمية التي تطور على أساسها مبحث شكل الأرض (الجيومورفولوجيا) وأصبح واحدا من أهم العلوم الجيولوجية المعاصرة.

ونؤكد في البداية أنه كان لدى علماء الحضارة العربية الإسلامية تصور مقبول عن فكرة الجاذبية الأرضية وقوة تأثيرها، وذلك من خلال دراستهم لحركة المقذوفات والسقوط الحر للأجسام. فقد ذكر الهمداني أن الأرض (أشبه بحجر المغناطيس الذي تجذب قواه الحديد من كل جانب)، وأوضح البيروني أن الأرض تجذب ما فوقها نحو مركزها على استقامة أقطارها. وتحدث الإمام فخر الدين

الرازي عن انجذاب الجسم إلى مجاوره الأبعد .. وهي بداية الطريق إلـى تعميم فكرة الجاذبية على جميع الأجسام الموجودة في الكون.

وها هو أبو الريحان البيروني يحدد لنا مفهومًا أساسيًا واضحًا في تفكيره عن قوى البناء والهدم، ويقدم أفكارًا غير مسبوقة عن تكون الصخور الرسوبية الفتاتيـة (الحطامية)، وتصنيفها بحسب حجومها إلى الحصى والرمـال والتـراب، وتفسير الطريقة التي تؤدي إلى استدارة الحبيبات الفتاتية والحصى، وبيـان العلاقـة بـين حجمها وبعد المصدر الذي نشأت منه، وهي موضوعات يعالجها علـم الرسـوبيات الحديثة. يقول أبو الريحان البيروني في كتابه (تحديد نهايـات الأمـاكن لتـصحيح مسافات المـساكن) الـذي أتـم تأليفـه بمدينـة غُزْنـة (كـابول حاليًـا) سـنة ٤١٦هـ/١٠٢٦م: " ولا نعلم من أحوالها (أي الأرض) إلا ما نشاهد من الآثار التي تحتاج في حصولها على مدد طويلة، وإن تناهت في الطرفين، كالجبـال الـشامخة المتركبة الرضراض الملس (أي الحصى الصغار وفتات الحجر) المختلفة الألـوان المؤتلفة بالطين والرمل المتحجرين عليها، فإن من تأمل الأمر من وجهه، وأتاه من بابه، علم أن الرضراض والحصى هي حجارة تتكسر من الجبال بالانـصداع، ثـم يكثر عليها جرى الماء وهبوب الرياح، ويدوم احتكاكها فتبلى، ويأخذ البلى فيها من جهة زواياها وحروفها، حتى يذهب فيها فيدملكها (أي يملسها ويدورها)، وإن الفتات التي تتميز عنها هي الرمال والتراب. وإن ذلك الرضراض لما اجتمع فـي مـسايل الأودية حتى انكبست بها، وتخللها الرمال والتراب فانعجنت بهـا وانـدفنت فيهـا وعلتها السيول، فصارت في القرار والعمق بعد أن كانت من وجـه الأرض فـوق، تحجرت بالبرد. وإذا وجدنا جبلاً متجبلاً " من هذه الحجارات الملس ــ وما أكثـره فيما بينها ــ علمنا أن تكوّنه على ما وصفناه، وأنه تردد سافلاً مرة وعاليا أخـرى، وكل تلك الأحوال بالضرورة ذوات أزمان مديدة غير مـضبوطة الكميـة، وتحـت

تغاير غير معلومة الكيفية، ولها تتناوب العمارة على بقاع الأرض ".

واستطاع أبوبكر الكرجي في القرن الحادي عشر الميلادي أن يزيد على هذه المفاهيم ما يعمق مفهوم توازن الأرض، وفكرة الدورة التضاريسية التي تقول بتطور معالم سطح الأرض بحيث كلما أثرت قوى الرفع البانية على منطقة ما ورفعتها فوق مستوى سطح البحر، فإنها تكتسب طاقة كامنة بفارق الارتفاع عما حولها، مما يسهل لقوة الجاذبية الأرضية أن تنقلها شيئًا فشيئًا إلى مواقع أقل ارتفاعًا منها، مثل قيعان المحيطات، في محاولة لكي يتساوى بعد قممها عن مركز الأرض، وينتج عن ذلك تطور في تضاريس الأرض ينتهي معه السطح النهائي بالتعرية إلى سطح منخفض ومستوٍ هو (السهب). وقد نسبت هذه الفكرة إلى (ديفيز) في القرن التاسع عشر الميلادي، ولكننا نجد ما يصحح هذا الإسناد الخاطئ عندما نقرأ للكرجي قبل ذلك بثمانية قرون، ما نصه :

" إن في الأرض حركات دائمة، منها طلب الأبنية للوقوع والانهدام، والميل عن سمت الاستقامة، وكذلك الجبال تنهار قليلاً قليلاً، وتتفتت طلبًا للمركز. والأرض الرخوة في ترتبها حركة دائمة، وهي طلب أجزائها الصلابة باعتماد بعضها على بعض. وأعظم هذه الحركات المذكورة انتقال المياه العظيمة، وجريان الأودية القوية من أرض إلى أرض في الأزمنة الطويلة، فإذا اجتمعت موادها في ناحية من نواحيها، وارتفعت حتى بعد سطحها من المركز، وساوى ذلك بعد الموضع المحاذي له الذي يقابله، ثم بعد المساواة زاد عليه، تحركت الأرض طلبًا للمعادلة المذكورة، فتتغير لذلك عروض البلاد ومطالعها وأنصاف نهارها، ويصير ذلك سبب انتقال البحار، وظهور عيون وغيض عيون، ولا يكون ذلك دفعة واحدة، بل يكون على التدريج كانتقال العمارات من أرض إلى أرض ".

والمتأمل في هذا النص الذي أورده الكرجي في كتابه (إنباط المياه الخفية)

لبيان أنواع الحركات الأرضية الدائمة وأثر الجاذبية عليها، لابد أن تستوقفه بعض الإشارات العلمية، منها :

١- قوله : " الأرض الرخوة في تربتها حركة دائمة، وهي طلب أجزائها الصلابة باعتماد بعضها على بعض "، مشيرًا إلى حركة الأجزاء الترابية الدقيقة لتترابط، وهو إدراك مبكر جدًا لما عرف حديثًا باسم (عمليات ما بعد الترسيب) أو (النشأة المتأخرة Diagenesis)، حيث تتحول الرسوبيات الرخوة غير المتماسكة إلى صخور قاسية، وذلك حين تقع تحت وطأة ثقل طبقات أحدث منها تكوينًا، فتضغط وتصبح صخورًا كاملة التماسك نتيجة فقدها أثناء الانضغاط كميات كبيرة من المياه الجوفية بملاط (مادة لاحمة) فتتماسك وتقسو.

٢- الإشارة إلى ظاهرة التغير النسبي في مواضع الماء واليابسة من خلال إشارته إلى تغير عروض البلاد ومطالعها وأنصاف نهارها تبعًا لتغير وضع اليابسة (القارات) وما يرافق ذلك من تغير في موقع البحار ووضعية الخزانات الجوفية (فتظهر عيون وتغيض عيون).

٣- الإشارة إلى مفهوم الزمن الجيولوجي، وتعاقب الأحداث على الأرض منذ أزمنة وعصور طويلة، وأن ما ينشأ عن هذه الأحداث من تغير في سطح الأرض يحتاج إلى مدد زمنية طويلة.

ويضيف أبو الريحان البيروني ما يجعل نظرية تبديل البحر واليابسة أكثر عمقًا وأقرب صحة إلى الواقع التاريخي لكوكب الأرض، ويجعل من الاستقراء منهاجًا تاريخيًا يمتد تطبيقه ليشمل الأحداث الجيولوجية القديمة، فيقول عن بادية العرب :

" وعلى مثله ينتقل البحر إلى البر في أزمنة، إن كانت قبل كون النـــاس فـــي العالم فغير معلومة، وإن كانت بعده فغير محفوظة، لأن الأخبار تنقطـــع إذا طـــال عليها الأمد، وخاصة في الأشياء الكائنة جزءًا بعد جزء، بحيث لا يفطـــن لهـــا إلا الخواص .. فهذه بادية العرب وقد كانت بحرا فانكبس، حتى أن آثار ذلـــك ظـــاهر عند حفر الآبار والحياض بها ".

كما يقول عن أرض الهند : " بل لو تفكـــرت عنـــد المـــشاهدة فيهـــا، وفـــي أحجارها المدملكة حيث يبلغ الحفر : عظيمة بالقرب من الجبال وشدة جريان ميـــاه الأنهار، وأصغر عند التباعد وفتور الجرى، ورمالا عند الركـــود والاقتـــراب مـــن المغايض والبحر .. لم تكد تصور أرضهم إلا بحرًا في القديم قد انكبس بحمـــولات السيول ".

ونلاحظ هنا أن البيروني يطوع منهجه العلمي تبعًا لطبيعة الموضـــوع، فـــلا يحصر عملية البحث عن الحقيقة في المشاهدة والتجربة العلمية فقط، على غرار ما عرف وشاع منسوبًا إلى فرنسيس بيكون في عصر النهضة الأوربية الحديثة باســـم (المنهج التجريبي)، بل إن رؤيته المنهجية الرائدة تعطي عملية التفكير والاستدلال، إلى جانب الربط التاريخي، الأهمية التي تستحقها عندما يكون موضوع البحث قائمًا على أحداث تاريخية تفصلها أزمان مديدة، مثل تراجع البحـــر وانكـــشاف اليابـــسة وتبديل مواضعها. ولم يفطن فلاسفة العلم إلى هذه المعالجة المنهجية عند البيروني، والتي تعتبر تأصيلاً لما يسمى بالمنهج الفرضي ــ الاستنباطي، أو المنهج العلمـــي المعاصر.

ويأتي ابن سينا من ناحية أخرى ليدعم هذه الرؤية المميزة للبحث العلمي فـــي عصر الحضارة الإسلامية، فيؤكد على دور الملكات الإدراكيـــة الأخـــرى، ومنهـــا الحدس، إلى جانب الملاحظة والتجربة والاستقراء، فـــي الوصـــول إلـــى الحقيقـــة

العلمية، وهو يرى أن عملية تبادل توزيع الماء واليابسة ذات طابع كوني لا تتوارث فيه التواريخ، وليست ـــ كما قال فلاسفة الإغريق ـــ محصورة في منـــاطق ضـــيقة عند السواحل ومصاب الأنهار، فيقول موضحًا كل هذا وغيره :

" ونحن نعلم بأقوى حدس أن ناحية الشمال كانت مغمورة بالماء حتى تولـــدت الجبال، والآن فإن البحار جنوبية فالبحار متنقلة ولـــيس يجـــب أن يكـــون انتقالهـــا محدودًا بل يجوز فيه وجوه كثيرة ".

(٢) علم الأحياء القديمة (البليونتولوجيا) :

وإذا انتقلنا إلى علم الأحياء القديمة، نجد أن علماء الحضارة الإسلامية قـــالوا بنظريات رائدة تحدثت عن طبيعة الحفريات ومدلولاتها العلميـــة التـــي يـــتم علـــى أساسها استنباط التاريخ الجيولوجي ومعرفة تطور الكائنات الحية وتطـــور البيئـــات القديمة عبر العصور الجيولوجية المختلفة.

وكان أبو علي الحسين بن سينا في مقدمة الذين أوضحوا بجلاء أن الطبقـــات الرسوبية تترسب بعضها فوق بعض في البحار، وأثناء ترسب كـــل طبقـــة، وهـــي مازالت لزجة، تدفن بها أجزاء الحيوانات المائية كالأصداف وغيرها، ثـــم تحـــدث عملية الجفاف والتحجر لتلك الطبقات، وتجرى كل هذه العمليات ببطء شـــديد جـــدًا يستغرق على حد قوله ـــ " مددًا لا تفي التأريخات بحفظ أطرافها ".

كذلك كان البيروني هو الآخر رائدًا في تناول هذا الموضوع بالبحث المنهجي السليم، وكانت آراؤه متفقة مع آراء ابن سينا في أن أصل الحفريات بقايـــا لكائنـــات حية نباتية وحيوانية متحجرة، وقد تكون متزامنة مع تكون طبقات الـــصخور التـــي وجدت فيها. لكن ينسب للبيروني أنه أدرك بالملاحظة الدقيقة أمرين مهمين جديرين بالتسجيل :

١- الأمر الأول يتعلق بأشكال الحفريات، وفيه يقول : " ... بل يخرج منها أحجار إذا كسرت كانت مشتملة على أصداف وودع وما يسمى آذان السمك، إما باقية فيها على حالها، وإما بالية قد تلاشت وبقى مكانها خلاء تشكل بشكلها ". ويلاحظ أنه أشار إلى ما نعرفه حاليًا من أن الحفريات قد تكون عبارة عن الكائن نفسه بجميع أجزائه، أو تكون بقايا الأجزاء الصلبة الهيكلية فقط، وتوجد هذه البقايا بدون أي تغيير في مادتها الأصلية، أو توجد متحجرة بعد استبدال مادتها بمادة أخرى، وقد تكون الحفريات مجرد طابع خاص أو أثر لبقايا الكائن الحي على الصخور التي كان يعيش عليها عندما كانت رخوة لم تتصلب بعد، وعندما تتصلب بمرور الزمن تحتفظ بهذه الطوابع أو هذا الأثر.

٢- والأمر الثاني يتعلق بوجود حفريات برية أيضًا، وليست مائية فقط، وفي ذلك يقول : " حمل إلينا من آبار معادن الذهب بزربان عدة حلزونات وجدت في بئر بعد حفر مائة وخمسين ذراعًا في مقادير الجوزة، إلا أن قشرها غلاظ جدًا حجرية بزيادة خطوط كالحفر في عرض لولبها، وقد خلت من حيوانها وامتلأت بالطين، ثم استحجر بها ذلك الطين .. ولم يحصل من مشاهدة ذلك إلا أن أرض تلك الآبار كانت وجه الأرض مكشوفة وقتًا ما، وكان العظم والصغر يلحقها حسب المكان والماء وكنه طبيعتها .. فإن الحلزونات البحرية تكون أعظم جثة وأغلظ خزفًا وأصلب ".

إن وجود هذه الحفريات ذات المنشأ البري، والتي وجدت في البئر على عمق مائة وخمسين ذراعًا، استدل بها البيروني على أن تلك الطبقة التي استخرجت منها كانت على وجه الأرض في الماضي البعيد، وكان منطقه في هذا الاستدلال

مبنيًا على الملاحظة، حيث أن وجود تلك الحلزونات ذات المنشأ البري فيهـا يـدل على البيئة القارية القديمة لمنشأ تلك الطبقة.

وهذا الربط والتوظيف للحفريات في التعرف على البيئة القديمة وخصائـصها لم يكونا بالأمر المقبول في الفكر العلمي الغربي قبل نهاية القـرن* التاسـع عـشر الميلادي. ولابد أن يكون البيروني قد قارن بين أنواع شتى من الأصداف لحيوانات تعيش في الحاضر، وبين حلزونات قارية وأخرى بحرية، حتى يستنتج أن الأخيـرة تكون أكبر حجمًا وأكثر غلظة وصلبة كالخزف. وهذا يعني أن البيروني كان مدركًا لدور الحاضر في فهم عمليات حدثت في الماضي، وهي القاعدة والأساس لنظريـة (التواتر) Uniformitarianism المنسوبة في المؤلفات الجيولوجية الحديثـة إلـى العالم الاسكتلندي جيمس هاتون في عام ١٧٨٥م.

(٣) **علم المعادن والتعدين** :

يزخر التراث العربي بالكثير من المؤلفات التي تناولت دراسة العديـد مـن المعادن وتعدينها والتنقيب عنها. ففي كتاب (المسالك والممالك) تحدث ابـن حوقـل عن استخراج الرخام من تبريز والرصاص من فرغانـة وكرمـان والكحـل مـن أصفهان والنفط من باكو والملح من عبدان وملح البارود من بخاري والكبريت مـن سوريا وفلسطين والياقوت والزمرد والعقيق من مصر وخراسان وشـبه الجزيـرة العربية. كما تحدث عن مناجم الذهب في العلاقي على مسيرة خمسة عشر يومًا من أسوان.

وفي كتاب (أزهار الأفكار في خواص الأحجار) يقول التيفاشي عـن تعـدين الزمرد الموجود خلف أسوان بمصر :

" ... فيخرج منها الزمرد قطعًا صغارًا كالحصباء منبثة في تراب المعدنـــ وأخبرني رأس المعدنين بمصر المكلف من قبل السلطان بهذا المعـدن أن أول مـا

يظهر من معدن الزمرد شيء يسمونه الطلق .. ثم يحفر فنجد طلقًا هاشا فيه الزمرد في تربة حمراء لينة .. وربما أصيبْ العرق منه متصلاً فيقطع، وهو جيده، وأما صغيره فإنه يوجد في التراب بالنخل. وذلك أنهم ينخلون التراب ثم يوجد خلاله فيغسل تراب الفضة ".

ويعتبر الحسن بن أحمد الهمداني من أفضل الذين كتبوا في علم المعادن والتعدين، فقد سرد في كتاب (الجوهرتين العتيقتين) مناجم الذهب والفضة المعروفة في جزيرة العرب وبلاد الأعاجم وأرض النوبة والحبشة، واهتم بوصف مناجم اليمن وتهامة نجد ونقل ما قاله معدنو الفضة من أن ليس بخراسان ولا بغيرها كمعدن اليمن، وهو معدن الرضراض في حد نهم (تقع شمال شرقي صنعاء في الطريق إلى مأرب) مخلاف يام من أرض همدان. وبفضل هذه المعلومات اهتدت بعثة المسح الجيوفيزيائي لمعرفة موارد اليمن المعدنية والبترولية إلى الكشف حديثًا عن العديد من المناجم الهامة، وتجرى حاليًا دراسة تقديرية لجدواها الاقتصادية، خصوصًا بعد التأكد من توافر الزنك والحديد والرصاص، إلى جانب الفضة، بكميات تجارية. وهذا إن دل فإنما يدل على الأهمية المتزايدة للدراسات التراثية في الحياة المعاصرة.

من ناحية أخرى، اعتمد علماء الحضارة العربية الإسلامية على الملاحظة والتجربة في كثير من دراساتهم للمعادن والجواهر والأحجار الكريمة، وفي تمييز دخيلها من أصيلها بحسب لونها وشفافيتها وبريقها وصلابتها وحكاكتها (أو مخدشها) وتشعيرها (أو تشققها) وغير ذلك من الخصائص الفيزيائية التي تميز بها المعادن اليوم، وقد حاولوا قياس بعض هذه الخصائص وتقديرها، كميًا مثل خاصية الوزن النوعي التي عينوها لمواد كثيرة بدقة تطابق التقديرات المعروفة حاليًا، ومثل خاصية الصلادة Hardness التي تحدد درجة تماسك المعدن وقدرته على خدش

معدن آخر، فقد ذكر التيفاشي من خصائص (الألماس) أنه يقطع كل حجر يمر عليه، وهو نفسه عسر الانكسار، وذكر أن الياقوت يقطع الحجارة شبيها بالماس، وليس يقطعه شيء غير الماس.

وذكر البيروني في كتاب (الجماهر في معرفة الجواهر) أن الماس أصلب الجواهر ويليه الياقوت ثم أشباه الياقوت، وقال " إنما قدمت ذكر الماس على ما ذكر مما بقى من مثمنة الجواهر التي لها الرياسة، أعني اللؤلؤ والزمرد، لأنه فاعل في الياقوت الفاعل فيما دونه وغير منفعل بشيء فوقه ولا متأثر مما دونه .. والمناسبة بينه وبين الياقوت أقرب المناسبات بالرزانة والصلابة ". وبهذا يكون البيروني والتيفاشي قد وضعا اللبنة الأولى في فكرة بناء مقياس موه للصلابة Mohs scale ذي الدرجات العشر، ويشغل الألماس والياقوت الدرجتين العاشرة والتاسعة فيه على الترتيب.

(٤) مباحث جيولوجية أخرى :

هناك مباحث جيولوجية أخرى نجد أساسًا لبعض مفاهيمها في ثنايا الكتب التراثية، فقد تحدث الهمداني وابن سينا وإخوان الصفا وغيرهم، عن الطاقة الزلزالية في باطن الأرض ووصفوا ما ينتج عنها من آثار متفاوتة الشدة، كما وصفوا بعض أنواعها وسموها (الرياح المحتقنة)، ودونوا ملاحظاتهم عن الهزات الزلزالية التي تعرضت لها البلدان العربية والإسلامية خلال القرون الماضية، وهي سجلات يمكن الاسترشاد بها في الدراسات المتعلقة بخرائط التوزيع الزلزالي.

كذلك نجد في مخطوطات التراث العربي معلومات كثيرة عن البحار والمحيطات والأنهار، والظواهر المتعلقة بها، ونجد في مؤلفات لابن وحشية وإخوان الصفا وابن سينا والبيروني معلومات عن المياه الجوفية والدورة الهيدرولوجية وآلية صعود الماء الجوفي وأنواع الآبار من عادية وارتوازية.

١١

العلوم البيولوجية

نبذة تاريخية :

العلوم البيولوجية فى مفهومها الحديث هى أحد فروع العلوم الطبيعية المعنية بدراسة الأحياء النامية من جميع جوانبها الوصفية والبيئية والسلوكية والتشريحية والفسيولوجية والوراثية، وقد ازدادت أهميتها كثيراً فى العصر الحديث لارتباطها المباشر بفروع العلوم الطبيعية الأخرى ولعلاقتها الوثيقة بالمجالات التطبيقية فى الاقتصاد والطب والزراعة والثروات الطبيعية وأبحاث الفضاء وغيرها . والأحياء أو الأجسام النامية قيد البحث والدراسة فى علوم الحياة تشمل النبات والحيوان بأنواعها وعجائبها ومنافعها ومضارها.

وفى العصور القديمة لم يهتم الإنسان كثيراً بعلوم الحياة إلا فيما يحتاج إليه من النبات والحيوان فى طعامه أو كسائه أو مداواته، وتدلنا الرسوم التى تركها على جدران الكهوف أنه فطن إلى أشياء من علم التشريح وعرف جانباً من خصائص النباتات وعادات الحيوان. وربما تكون الحضارات الرائدة فى مصر وبابل والهند والصين قد خلفت بعض المعرفة عن علوم الحياة نتيجة لاعتمادها أولاً على الزراعة واهتمامها بعد ذلك بالطب والعلاج، لكن الفضل فى تدوين هذه المعرفة وتنظيمها والتأليف فيها بأسلوب علمى يرجع إلى علماء اليونان بصفة عامة، وعلماء مدرسة الإسكندرية بصفة خاصة . على أن ذلك يجب أن لا ينقص من شأن الحضارات السابقة على الحضارة اليونانية، لأن خبرات تلك الحضارات تمثل

المرحلة التجريبية التى تسبق مرحلة الصياغة النظرية والفلسفية للعلم علـى أيـدى علماء الإغريق.

وكان ديموقريطس أول من حاول تقسيم الحيوانات بحسب أنواعهـا وذكـر طباعها ومنافعها فى كتابه "الحيوان" ثم صنف أرسطو عدة كتب فـى علـم الحيـاة أشهرها : "تاريخ الحيوان " و"توالد الحيوانات" و"أقسام الحيوانات"، وقد نقلهـا ابـن البطريق من اليونانية إلى العربية، وأهم ما تميز به أرسطو فى هـذه الفتـرة هـو الاعتماد على الملاحظة إلى جانب النظرية، فساعد ذلك على إيجاد بداية مرضـية لعلوم الحياة جمعها من ذوى الخبرة بأعمال الصيد ومن واقع ملاحظتـه واهتمامـه بالحيوانات البحرية الموجودة فى خليج جزيرة لسبوس.

كذلك ظهرت بعض الكتب عن النبات وخصائصه ومنافعـه الطبيـة منهـا : كتاب "تاريخ النبات لثيوفراسطوس وكتاب "الأدوية المفردة " لذيوسقوريذوس.

وكانت كتب اليونانيين فى النبات والحيوان هى تقريباً كل مـا وصـل إلـى العرب من مادة مكتوبة عن علوم الحياة فى الحضارات القديمة، اللهم إلا ما جمعوه من علوم ومعارف من خلال اتصالهم بتلك الحضارات عن طريق الأسفار للتجـارة أو بعد الفتوحات الإسلامية.

العلوم البيولوجية فى عصر الحضارة الإسلامية :

كان الإسلام خير دافع وحافز للمسلمين على البحث العلمى السليم فى مختلف فروع المعرفة ومنها علوم الحياة، وزاد من هذا الدافع ما كانت عليه البيئة العلميـة فى عصر النهضة الإسلامية من حسن رعاية للعلم والعلماء وتوفير كل الإمكانيـات اللازمة للإبداع والتأليف الأصيل، وكان الاهتمام بعلوم الحياة لا يقل عن الاهتمـام بباقى فروع العلم والمعرفة، خصوصاً لما للنبات من فوائد طبية وللحيوان من فوائد اقتصادية واجتماعية وجمالية، وظهر الكثير من المصنفات العلميـة القيمـة التـى تعكس هذا الاهتمام وتقدم مادة غنية بالمعلومات المبنية علـى الملاحظـة الدقيقـة

واستمرار تتبع مظاهر الحياة فى النبات والحيوان، غير أن معظم هذه التصانيف لم تكن كتباً مستقلة بعلوم الحياة وحدها، بل تضمنت جوانب أدبيـة وتاريخيـة كثيـرة واستخدمت لخدمة الطب والصيدلة والفلاحة، وسوف نحاول أن نستخلص أهم مـا توصل إليه المسلمون من معلومات نباتية وحيوانية بالمعنى المعروف لدينا، وذلـك من خلال العديد من المؤلفات العامة والمتخصصة التى يحفل بها تراثنا الإسـلامى مثل :

(١) " كتاب النبات " لأبي حنيفة الدينورى الملقب بشيخ علماء النبات، ويقـع هذا الكتاب فى ستة أجزاء تجمع كل ما جاء عن النبات فى اللغـة العربيـة حتـى أواخر القرن التاسع الميلادى، ويعنينا من هذا الكتاب مخطوطة تقع فـى ثلاثمائـة وثلاث وثلاثين صفحة من الجزء الخامس، قام بتحقيقها ونشرها فى عـام ١٩٥٣م المستشرق السويدى لوين بجامعة أوبسالا، وفيها يوضح أبوحنيفة الدينوري منهجـه فى تأليف كتابه فيقول : "قد أتينا فيما قدمنا من أبواب كتابنا هذا على مـا استحـسنا تقديم ذكره قبل ذكر النبات نبتاً نبتاً، فلم يبق إلا ذكر أعيان النبات، ونحـن آخـذون فى تسميتها ومحلو كل واحد منها بما انتهى إلينا من صفته أو شاهدناه، وإن كان فى شئ من ذلك اختلاف مما يرى أنه ينبغى أن يذكر، ذكرناه إن شـاء الله . وجعلنـا تصنيف ما نذكر منها على أوائل حروف أسمائها وإن اختلط جل الشجر فيه بدقـة، واختلط أيضاً الشجر بالأعشاب وبقلها وجنبتها وغير ذلك من أصنافها التى جنسناها فيما سلف وصنفناها، لأن وصفنا إياها نبتاً نبتاً سيلحق كل واحدة منها بجنسه عنـد من فهم عنا ما قدمنا وما أخرنا، وإنما آثرنا هذا التصنيف علـى تـوالى حـروف المعجم لأنه أقرب إلى وجدان المطلوب، وأصون مؤونة على الطالـب مـن كـل تصنيف سواه".

وهكذا يتضح منهج الدينورى العلمى فى تأليف كتابه الذى شمل وصف بضع

مئات من النباتات التى رآها بنفسه أو سمع عنها من الأعراب والثقات. ومع أن المقصود الأول من كتاب الدينورى كان الجانب اللغوى، فإنه أيضاً أصبح عمدة الأطباء والعشابين ونقلت عنه أكبر كتب الصيدلة كمفردات الأدوية لابن البيطار.

وظهر بعد كتاب النبات للدينورى مؤلفات كثيرة تعرضت لعلم النبات، وكانت جميعها تقريباً متشابهة من ناحية فن التأليف، فيعنى مؤلفوها بذكر كل ما ورد فى الكتب السابقة والاجتهاد فى الزيادة عليها .

وأما من ناحية المادة العلمية فكانت أحياناً تهتم بالناحية الوصفية بهدف استعراض المقدرة اللغوية والأدبية وإظهار جوانب الثقافة الموسوعية ونضرب مثالاً على ذلك كتاب " عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات " للقزوينى الذى يحوى مقالات فى كل فروع العلم المعروفة فى عصره، ويجمع أشتاتاً من المعلومات عن البحار والأنهار والكواكب والرياح والفصول، والأسماك الحيوانات والنباتات والهواء والطيور، ولا مانع أيضاً من الكلام فى علم الأجنة والتشريح ووظائف الأعضاء ولكن بغرض تباين حكمة الله فى خلقه والدعوة إلى التأمل والاعتبار . على أن العدد الأكبر من الكتب النباتية كانت تتناول النباتات بغرض إثبات منافعها الطبية ومعالجاتها الصيدلية، والأمثلة على هذه الكتب كثيرة، منها كتاب فى الأدوية المفردة للغافقى، وكتاب " تفسير أسماء الأدوية المفردة " لأبى العباس ابن الرومية، وكتاب "الجامع فى الأدوية المفردة" لابن البيطار، وكتاب "الأدوية المفردة" لرشيد الدين الصورى، وكتاب " الجامع لصفات أشتات النبات وضروب أنواع المفردات من الأشجار والثمار والحشائش والأزهار والحيوانات والمعادن وتفسير أسمائها بالسريانية واليونانية واللطينية والبربرية" للشريف الإدريسى.

ولا بأس من الاستشهاد ببعض ما جاء فى الكتابين الأخيرين لرشيد الدين

الصورى والشريف الإدريسى لتأكيد سبق العرب إلى المنهج العلمى التجريبى. فقد ذكر ابن أبى أصيبعة أن رشيد الدين الصورى كان يصطحب معه مصوراً مزوداً بالأصباغ على اختلاف أنواعها ثم يطوف مواطن النبات ويطلب من المصور أن يصور له النبتة فى بيئتها بألوانها الطبيعية، وأن يجتهد فى محاكاتها، وربما طلب منه أن يصور النبتة فى أطوار مختلفة من حياتها أيام إنباتها ونضارتها وإزهارها وإثمارها وجفافها، فيكون التحقيق أتم والمعرفة أبين . وعن الشريف الإدريسى فنكتفى بما قاله بنفسه فى كتابه " الجامع لصفات أشتات النبات" : " إننى نظرت فى كتب من سبق قبلى وقابلت بعضها ببعض فرأيت بعضها طول وبعضها قصر، وبعضها جمع بين الأقوال ونص على الاختلاف، وبعضها ترك المجهول وذكر المعلوم، وأيضاً فإنى نظرت إلى البحر الذى منه اغترفوا والكنز الذى منه استلفوا فإذا هو كتاب ذياسقوريذوس اليونانى الذى وضعه فى الأدوية المفردة من نبات وحيوان ومعادن فحفظت عنه جملة بعد أن بحثت ما أغفله كالإهليج الأصفر والهندى والكابلى والتمر هندى والكبابة والقرنفل والآس والمحلب والبهمه الأبيض والأحمر وغيرها . . واستوفيت ذكر جميع النباتات وذكر منافعها وخواصها حسب ما وجدته مفيداً عند الثقات المتقدمين والنبلاء المتأخرين ... وجئت بكل ذلك ملخصاً ومخلصاً ". وفى هذين المثالين إشارة كافية إلى الاعتراف بفضل الأقدمين الاعتماد على المشاهدة والتجربة والحقيق العلمى فى الآخذ بالآراء والنظريات .

(٢) "كتاب الحيوان" للجاحظ، ويقع فى سبعة أجزاء، ويعطى صورة لعلم الحيوان فى القرن الهجرى الثالث، بالإضافة إلى أنه يعكس الاتجاه العلمى الذى سلكه الجاحظ على أساس الملاحظة والتجربة. وكتاب الجاحظ يقسم الحيوان إلى فصيح وأعجم، فالفصيح هو الإنسان والأعجم هو الحيوان، ومن الحيوان الأعجم ما يرغو ويثغو وينهق ويصهل ويشمخ ويخور ويبغم ويعوى وينبح ويزقو ويصفر

ويهدر ويصوص ويقوق وينعب ويزأر ويكش ويبح. وقال الجاحظ كلاماً يقرب مما نعرفه اليوم فى علم الوراثة، وعرف النتاج المركب بأنه ولادة بين جنسين مختلفين من الحيوان ومن الناس، ووجد بعض النتاج المركب وبعض الفروع المستخرجة منه أعظم من الأصل. والنتاج المركب ممكن بين عدد من أجناس الحيوان : بين الذئب والكلبة، بين الحمار والفرس، بين الحمام البرى والحمام الأليف، ثم هو غير ممكن بين عدد آخر من أجناس الحيوان كالتيس والنعجة، أو بين البقرة والجاموس على قرب ما بينهما فى الشكل.

والجاحظ فيلسوف طبيعى سار على غرار النظام فى منهج البحث وتحرير العقل واعتبار الشك والتجربة أساساً للبحث قبل الإيمان واليقين وعدم التسليم بشئ إلا إذا استساغه العقل، حتى فلسفة أرسطو وغيره من فلاسفة اليونان لم تسلم من نقده، وذكر الجاحظ فى كتاب الحيوان المصادر التى اعتمد عليها فقال : "... وهذا كتاب تستوى فيه رغبة الأمم وتتشابه فيه العرب والعجم، لأنه وإن كان عربياً أعرابياً وإسلامياً جماعياً، فقد أخذ من طرف الفلسفة وجمع معرفة السماع وعلم التجربة، وأشرك بين علم الكتاب والسنة وبين وجدان الحاسة وإحساس الغريزة ... وقد نقلت كتب الهند وترجمت حكمة اليونان وحولت آداب الفرس، فبعضها ازداد حسنا وبعضها ما انتقص شيئاً .. وقد نقلت هذه الكتب من أمة إلى أمة، ومن قرية إلى قرية، ومن لسان إلى لسان، حتى انتهت إلينا، وكنا آخر من ورثها ونظر فيها...".

وأدرك الجاحظ المفهوم الحقيقى لعملية تطور الفكر البشرى ودور العقل والإرادة فى دفع هذه العملية إلى الأمام باستمرار، فقال فى كتابه الذى بين أيدينا : ".... وينبغى أن يكون سبيلنا لمن بعدنا كسبيل من كان قبلنا فينا . على أنا قد وجدنا من العبرة أكثر مما وجدوا، كما أن من بعدنا يجد من العبر أكثر مما وجدنا ....

والمعارف كلها ضرورية، وليس شئ من ذلك من أفعال العباد، وليس للعباد كسب سوى الإرادة، وإن الأفعال تصدر عن الإنسان طباعاً، وكل علمه اضطرارى يأتيه من الله ..." ويزداد المنهج التجريبى عند الجاحظ وضوحاً وتأكيداً عندما نعلم عنه أنه كان يلجأ دائماً إلى التجربة ليتحقق بنفسه من صحة نظرية من النظريات أو رأى من الآراء، ولكل تجربة عنده هدف وغرض، ففى بعضها كان يقطع طائفة من الأعضاء، وفى بعضها كان يلقى على الحيوان ضرباً من السم، وحيناً كان يرمى بتجربته إلى معرفة بيض الحيوان والاستقصاء فى صفاته، وكان حيناً يقدم على ذبح الحيوان وتفتيش جوفه وقانصته . ومرة كان يدفن الحيوان فى بعض النبات ليعرف حركاته، ومرة كان يذوق الحيوان، وكان فى أوقات يبعج بطن الحيوان ليعرف مقدار ولده، وفى أوقات كان يجمع أضداد الحيوان فى إناء من قوارير ليعرف تقاتلها . وكان يلجأ فى بعض الأحايين إلى استعمال مادة من مواد الكيمياء ليعلم تأثيرها فى الحيوان . ويواصل الجاحظ شرح أبعاد منهجه فيبين أنه لم يقف عند حد إجراء التجارب بنفسه واتباع منهاج خاص لكل منها، بل كان فى كثير من الأحيان يشك فى النتائج التى يتوصل إليها ويستمر فى الشك وتكرار التجربة، بل ويدعو إلى ذلك كله حتى تثبت صحة النظريات والآراء، وتتجلى له الحقيقة ويتعرف على كل مواضيع اليقين والحالات الموجبة لها . وتعلم الشك فى المشكوك فيه تعلماً، فلو لم يكن ذلك إلا تعرف التوقف، ثم التثبت، لقد كان ذلك مما يحتاج إليه.

ونحن لا نحاول من خلال مناقشتنا لمحتويات كتاب الحيوان أن نثبت ممارسة الجاحظ للمنهج العلمى التجريبى كما يمارسه العلماء المعاصرون، فالجاحظ من علماء القرن التاسع للميلاد، وليس من الإنصاف أن نقيمه بمقياس العصر الحاضر، ولكننا نذهب إلى ما ذهب إليه آخرون من أن الجاحظ يحمل صفات العالم المجرب

والباحث المدقق، فهو من رواد الحقيقة ويحاول الوصول إليها عن طريق التجربة وبمساعدة المادة ومعونة العقل.

ولا شك أن نصيب علم الحيوان بمفهومه المعروف لدينا فى الحاضر كان قليلاً جداً فى التراث الإسلامى إذا ما قورن بنصيب العلوم الطبيعية الأخرى، وكما هى الحال مع بعض كتب النبات التى ذكرناها للدينورى والقزوينى كانت الكتابة فى الحيوانات وأنواعها وطباعها غالباً ما تدخل فى إطار تغطية جوانب المعرفة الموسوعية عند العلماء . ويكفى أن نضرب المثل على ذلك بكتاب "حياة الحيوان الكبرى" لكمال الدين الدميرى الذى يقع فى جزئين ويحتوى على أسماء الحيوانات المائية والبحرية وأسماء الطيور والحشرات مرتبة حسب حروف الهجاء، ويقول البعض عن هذا الكتاب أنه قاموس لغوى أكثر منه كتاب أحياء يحتوى على دراسة للحيوان بصورة تفصيلية، لا سيما وأنه يخلو من الرسوم والأوصاف والتصنيف . ومهما يكن فإن كتاب الدميرى يضيف مع كتاب الجاحظ وكتب القزوينى والدينورى والسكرى والدمامينى والبغدادى وغيرهم خطوة متقدمة ساعدت على تأسيس علوم الحياة ودفع المهتمين والمختصين إلى تطويرها وازدهارها حتى أصبحت من أهم فروع العلوم الطبيعية فى العصر الحديث.

(٣) كتاب " الشفاء " لابن سينا، ويقع فى ثمانية وعشرين مجلداً ويحتوى على فصول فى المنطق والطبيعيات والفلسفة، وقد ترجم إلى اللاتينية واللغات الأوربية. وفى الجزء الخاص بالطبيعيات تناول ابن سينا دراسة جوانب مختلفة تتعلق بعلمى النبات والحيوان. فبالنسبة للنبات، أورد ابن سينا كثيراً من النظريات والآراء حول تولد النبات وذكره وأنثاه وأصل مزاجه، وذكر أن النبات يشارك الحيوان فى الأفعال والانفعالات المتعلقة بالغذاء إيراداً على البدن وتوزيعاً، ويكون الغذاء على سبيل جذب الأعضاء منها للقوة الطبيعية ليست عن شهوة جنسية، وليس له من

الغذاء إلا ما ينجذب إليه، لا عن إراديته كالأعضاء، فليس هناك شهوة، بالحرى إن لم يعط النبات شيئاً، إذ لا سبيل له إلى الحرب عن ضار والطلب لنافع. وأبعد الناس عن الحق من جعل للنبات مع الحياة عقلاً وفهماً، فالتصرف فى الغذاء يـدل علـى الحياة، ولكن لا يدل على الإدراك والإرادة . كذلك تناول ابن سينا موضوع الذكورة والأنوثة فى النبات. وتحدث عن الثمار فى النباتات المختلفة، وعن الأشواك وعـن النباتات الساحلية والسبخية والرملية والمائية والجبلية، وعـن التطعـيم، والنباتـات المستديمة الخضرة وتلك التى تسقط أوراقها فى مواسم معينة .

أما الحيوان فقد تناوله ابن سينا فى دراسـات وملاحظـات مختلفـة تتعلـق بوصف مختلف أنواع الحيوان والطير . وصنف الحيوانات المائية إلى لجية وشطية وطينية وصخرية، ومن الحيوانات المائية ما تكون ذات ملاصق تلزمها كأصـناف من الأصداف، ومنها ما تكون متبرئة أى متحررة الأجساد مثل السمك والـضفدع، وبعد أن أسهب فى الحديث عن الحيوانات المائية المختلفة انتقـل إلـى الحيوانـات البرية وتكلم عن الأعضاء المتشابهة وغيـر المتـشابهة والعـضلات والرباطـات والشرايين والأوردة والأغشية والألياف العصبية والرئة والقلب والحركة الإراديـة وغير الإرادية، واهتم ابن سينا الطبيب كثيراً بالتشريح المقـارن بـين الحيوانـات المختلفة والطيور والأسماك، وسجل ملاحظاته عن الأجهزة العـضلية والهـضمية والدورية والتناسلية والتنفسية .

كما أن اهتمام ابن سينا بالنباتات والحيوانات من الناحية الطبيـة والـصيدلية جعلته يخصص لهذا الغرض جزءاً كبيراً من كتابه" القانون فى الطب " الذى فضلته العرب على ما سبقه من مؤلفات لما وجدوا فيه من حسن التبويب وصـدق الخبـرة ودقة الملاحظة والتجربة. ففى تناوله لموضوع الأدوية المفردة ذكر النباتات التـى تتخذ منها الأدوية وبعض الحيوانات والمعادن التى تستخلص منها عقـاقير نافعـة.

واتبع مع النباتات منهاجاً خاصاً يبدأ فيه بشرح ماهية النبات ويصف الأجزاء الأساسية من أصل وجذر وزهر وثمر وورق، ويقدم مقارنة بين هذا النبات ونظائره وينقل ما ذكره الأقدمون من أمثال ذياسقوريذوس وجالينوس وغيرهما، وبعد ذلك يتناول ابن سينا اختبار النبات وطبعه وخصائصه وتضمن هذا الجزء معلومات قيمة من الوجهة النباتية البحتة فقد استقصى ابن سينا نسبة كبيرة من النباتات المعروفة آنذاك وذكر أجناسها وأنواعها وعرف النباتات الشجرية والعشبية والزهرية والفطرية والطحلبية، ودرس تأثير الموطن والتربة التى ينمو فيها النبات، إن كانت ملحة أو غير ملحة أو كان النبات ينمو على الماء . وأظهر ابن سينا دقة بارعة فى وصف ألوان الأزهار والثمار جافها وطريها، والأوراق العريضة والضيقة كاملة الحافة أو مشرفتها، وذكر الأسماء المختلفة لبعض النباتات من إغريقية وأسماء محلية، كما فرق بين النبات البستانى أو المنزرع والنبات البرى.

وكشف الباحثون أيضًا عن أن ابن سينا عرف ظاهرة " المسانهة " فى الأشجار والنخيل وذلك بأن تحمل الشجرة سنة حملاً ثقيلاً وسنة حملاً خفيفاً أو تحمل سنة ولا تحمل أخرى، وأشار إلى اختلاف الرائحة والطعم فى النبات، وسبق كارل متز الذى قال بأهمية التشخيص بوساطة العصارة فى سنة ١٩٣٤. وقد اعتمد ابن سينا فى وصفه للنبات على مصدرين : الأول الطبيعة، فيصف النبات غضاً طرياً، ويتكلم عن طوله وغلظه وورقه وزهره وثمره مما يتفق وعلم الشكل الحديث، والثانى ما يباع جافاً عند العطارين من أخشاب وقشور وثمار وأزهار مما يتفق وعلم النبات الصيدلى. وبهذا يكون ابن سينا قد استوفى فى أبحاثه ومؤلفاته عن النبات والحيوان كل عناصر المنهج العلمى التجريبى الذى اتبعه فى أبحاثه ومؤلفاته الطبية والصيدلية.

ويتضح من نماذج الكتب التى ذكرناها أن اهتمام العلماء بالنبات والحيوان

كان ينبع أساساً من الاستفادة منها فى أغراض الطب والصيدلة، أو يـأتى عرضـاً ضمن اهتمام بعض العلماء باستعراض براعتهم اللغوية والأدبية وإظهـار جوانـب ثقافتهم الموسوعية، وقد دفع هذا ببعض المؤرخين إلى الاعتقاد بأن مـا جـاء فـى التراث الإسلامى من دراسات عن خواص النبات والحيوانات وعجائبها وطبائعهـا ومنافعها لا يتعدى أن يكون اجتهادات فردية متناثرة لا تنتمى إلـى علـوم الحيـاة بمفهومها الحديث ولم يكن لها أى تأثير فى حركة إحياء العلوم إبان عصر النهـضة الأوربية . ونحن لا نذهب إلى ما ذهب إليه هؤلاء، لأن هذه المؤلفـات الإسـلامية كانت بمثابة اللبنة الأولى التى قام عليها علم الحياة الحديث بمنهجه التجريبى السليم، وهل يتحقق تطور الفكر البشرى إلا بوضع مثل هذه اللبنات جيلاً بعد جيل وأمة بعد أمة ؟ إن الإنسان منذ القدم يجد العبرة فى من سبقوه ويحاول أن يضيف شيئاً جديداً يعتمد عليه من يأتى بعده.

مراجع للاستزادة

١- د. أحمد سليم سعيداني: مقدمة لتاريخ الفكر العلمي في الإسلام، عالم المعرفة، الكويت ١٩٨٨.

٢- د. أحمد فؤاد الأهواني: فجر الفلسفة اليونانية، القاهرة، ١٩٥٤.

٣- د. أحمد فؤاد باشا:
- التراث العلمي للحضارة الإسلامية ومكانته في تاريخ العلم والحضارة، القاهرة، ١٩٨٣.
- فلسفة العلوم بنظرة إسلامية، مطابع دار المعارف، القاهرة، ١٩٨٤م.
- أساسيات العلوم المعاصرة في التراث الإسلامي، دراسات تأصيلية، دار الهداية، القاهرة، ١٩٩٧.
- في التنوير العلمي، دار الفكر العربي، القاهرة، ٢٠٠٥م، مكتبة الأسرة ٢٠٠٦م.

٤- د. توفيق الطويل:
- أسس الفلسفة، القاهرة، ١٩٦٨.
- العرب والعلم في عصر الإسلام الذهبي، القاهرة، ١٩٦٨.

٥- توماس كون: بنية الثورات العلمية، ترجمة : شوقي جلال، عالم المعرفة، الكويت، ١٩٩٢م.

٦- د. جلال شوقي: تراث العرب في الميكانيكا، عالم الكتب، القاهرة، ١٩٧٣م.

٧- جورج سارتون: تاريخ العلم (عدة أجزاء)، القاهرة، ١٩٦١م.

٨- جون كيميني: الفيلسوف والعلم، ترجمة : د. أحمد أمين الشريف، بيروت، ١٩٦٥م.

٩- دونالد هيل: العلوم والهندسة في الحضارة الإسلامية، ترجمة : د. أحمد فؤاد باشا، عالم المعرفة، الكويت، ٢٠٠٤م.

١٠- رينيه ديبو: رؤى العقل، ترجمة : فؤاد صروف، بيروت، ١٩٦٢م.

١١- زيجـــر بـــد هونكـــه : شمس العرب تسطع على الغرب، الترجمة العربيـــة، دار الآفاق الجديدة، بيروت، ١٩٨١م.

١٢- ســـام تريمــــان : من الذرة إلى الكوارك، ترجمة : د. أحمد فؤاد باشا، عالم المعرفة، الكويت، ٢٠٠٦م.

١٣- د. صـــلاح قنـــصوة : فلسفة العلم، القاهرة، ١٩٨١م.

١٤- عباس محمـود العقـاد : التفكير فريضة إسلامية، القاهرة، (د.ت).

١٥- د. عبـدالحليم منتـصر : تاريخ العلم ودور العلماء العرب فـي تقدمـه، القـاهرة، ١٩٨٠م.

١٦- د. عبـدالرحمن بـدوي : مناهج البحث في العلوم، القاهرة، ١٩٦٥م.

١٧- د.عزمــــي إســـلام : مقدمة لفلسفة العلوم الفيزيائية والرياضية، القاهرة، (د.ت).

١٨- د. فـــؤاد زكريـــا : التفكير العلمي، عالم المعرفة، الكويت، ١٩٧٨م.

١٩- قـــدري طوقـــان : العلوم عند العرب، القاهرة، ١٩٥٦م.

٢٠- كـــارل همبـــل : فلسفة العلوم الطبيعية، ترجمة : د. جلال محمد موســى، القاهرة – بيروت، ١٩٧٦م.

٢١- د. محمد كامل حسين (تحرير) : موجز في تاريخ الطب والصيدلة عند العـرب، المنظمـة العربية للتربية والثقافة والعلوم، القاهرة، ١٩٧٨م.

٢٢- د. محمــود زيـــدان : الاستقراء والمنهج العلمي، الإسكندرية، ١٩٨٠م.

٢٣- مـــصطفى نظيـــف : الحسن بن الهيثم وكشوفه البصرية، القاهرة، ١٩٤٢م.

٢٤- هنترميـــــــــد : الفلسفة أنواعها ومشكلاتها، ترجمـة : د. فـؤاد زكريـا، القاهرة ١٩٧٥م.

المحتويات

تم الطبـع :
بمطبعة جامعة القاهرة
المـــدير العـــام
محمد عمر عبد العال
٢٠٠٧/٢/١٤

رقم الإيداع :	٤٤٤١ / ٢٠٠٧
I.S.B.N : 977-403 - 128 - 8	

(مطبعة جامعة القاهرة ١٦٩٦ / ٢٠٠٦ / ١٠٠٠)